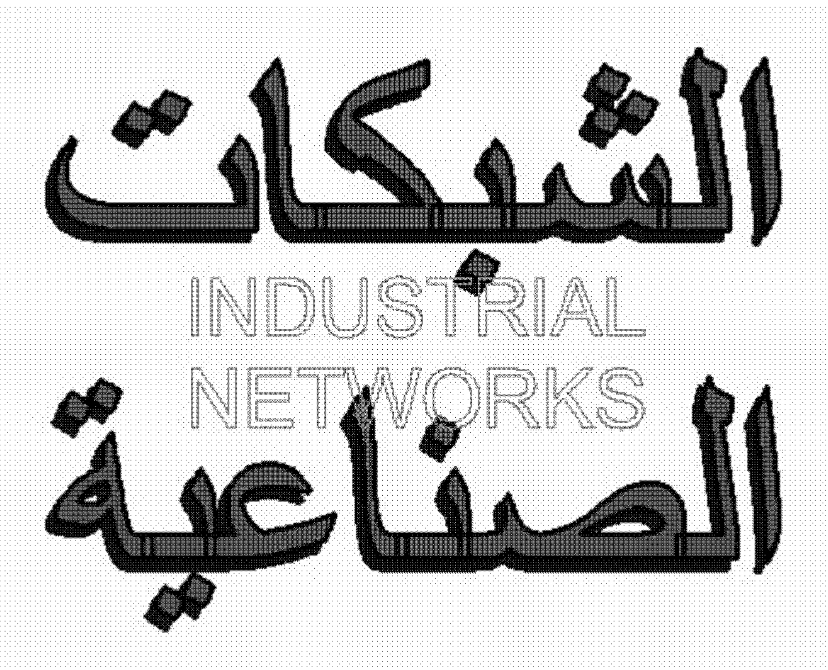


تأليف

أ. د. محمد محمد حامد

أستاذ هندسة القوي الكهربية

كلية الهندسة ببور سعيد

القاهرة - عام 2007

استمارة بيانات الفهرسة أثناء النشر

تنبيه هام: مطلوب من المؤلفين والناشرين وأصحاب المطابع موافاتنا بالبيانات التالية علي أرقام الإيداع والترقيم الدولي

	البيانات
عنوان الكتاب Title	الشبكات الصناعية
المؤلف Author	أ. د. محمد محمد حامد
الطبعة Edition	الأولي
الناشر Publisher	المؤلف
عنوان الناشر *Adress*	كلية الهندسة – بور سعيد
تاريخ النشر Date	

بيانات الوصف المادي	عدد صفحات	مقياس النسخة	السلسلة	التجليد
	378	A4		
وصف الكتاب (بالعدد)	**الفصول**	**الجداول**	**الرسومات والصور**	**الصفحات**
	9	62	130	364

المطبعة Printer	طباعة إلكترونية
عنوان المطبعة Adress	بنك المعلومات العربي - 6 ش أنس بن مالك - المهندسين
ضع علامة إذا كان بالكتاب بيليوجرافية	
وصف الموضوع	شبكات الكهرباء للمصانع ونظم التأريض وكيفية التخطيط والتنظيم وتعظيم الإستفادة من الطاقة الكهربية وأسس الأمن الصناعي بها
اللغة الأصل	العربية
الترقيم الدولي *I. S. B. N.*	
السعر	
محقق / مترجم	محقق

مع ملاحظة أن البيانات الخاصة برقم التصنيف ورؤوس الموضوعات سوف تكون من مسئولية الشئون الفنية بدار الكتب المصرية

ملحوظة: هذه البيانات لا تنطبق إلا علي العنوان ولا تعمم في عناوين أخري.

بيان تفصيلي بالشكل العام لمحتوي الكتاب

الفصل	عدد الجداول	عدد المعدلات	عدد الرسومات	عدد الصور	عدد الصفحات
الأول	17	12	27	-	46
الثاني	1	1	6	2	22
الثالث	10	-	8	-	46
الرابع	4	-	15	-	30
الخامس	7	13	11	6	48
السدس	8	12	25	12	74
السابع	6	3	8	3	30
الثامن	9	-	4	-	36
التاسع	-	-	2	1	32
إجمالي	62	41	106	24	364

المحتويات

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

تهتم الهيئات المختلفة العامة والخاصة علي المستوي العالمي - وفي جميع دول العالم - برفع كفاءة المهندس التنفيذي ووضع كافة التقنيات الحديثة أمامه وذلك من خلال برامج التدريب المستمر، وهذا يتواكب مع السياسات التعليمية والتدريبية الحديثة علي المستوى العالمي في القرن الحالي. كما انه من الهام وضع كافة الأساليب الهندسية أمام المهندس كي يدير الدفة في التفكير والإبتكار ووضع التصميمات الكهربية لأي من المنشآت سواء كانت تعليمية أو تدريبية أو صناعية أو ملحقة، ومن ثم كان من الهام تكوين الفكر المتكامل للمهندس العصري في مجال الهندسة الكهربية وتوسيع إطار العمل فيه وهو ما يساعد علي رفع معدل النمو من خلال رفع المستوى الفني للمهندس ليلازم الرقي الواضح علي المستوى الهندسي الدولي.

من الجانب الآخر لعدم توافر المراجع التقنية المتخصصة بشكل واسع فقد آثرنا علي أن نشارك في دعم المكتبة العربية بعدد من الكتب والمراجع المتخصصة والتي تلبي إحتياجات مهندسي الكهرباء علي كافة المستويات، حيث نقدم المادة العلمية بكل متطلباتها بشكل مبسط وباللغة العربية وبعيدا عن التعقيدات مما يساعد علي جذب القارئ بالمحتوي الموجود.

يهتم الكتاب الحالي بوضع الموضوعات الهندسية المعقدة في إطار مبسط وسهل كي يفهمة المتخصص علاوة علي مساعدة غير المتخصص في تفهم العديد من الموضوعات ذات

العلاقة بالاستخدامات الصناعية والشبكات الكهربية التي تعمل علي تغذية المواقع الصناعية علي كافة الأصعدة.

يتناول الكتاب عددا من الموضوعات التي تهم المهندس التنفيذي في العصر الحديث حيث قدم شرحا للروبوت الآلي ودخل به في الاستخدامات الصناعية سواء في الصناعة أو فـي الوسائل الخدمية مثل المخازن، كما تطرق للخدمات المخزنية بشكل موسع وقد ذهب الكتاب بالقارئ المتخصص في مجال شبكات التوزيع الكهربية إلي حدود التصميم الهندسي. كما يمتلئ الكتاب بالكثير من الجداول والرسومات والصور التي تساعد علي تبسيط الشرح والفهم لسهولة الإستيعاب.

لا يتوقف الأمر عند هذا الحد بل يمتد ليشمل المساهمة فـي مساعدة الطالب سواء في كليات الهندسة أو المعاهد التقنية المختلفة كي يتفهم ويفهم الأصول الهندسية في مجال التوزيـع الكهربي بشكل عام وفي الشبكات الكهربية في المواقع الصناعية بوجه خاص مما يعينه علي تفهم العديد من المناهج ذات العلاقة. كما يصلح هذا الكتاب بما يحتويه من المادة العلمية للطلاب في كليات الهندسة والكليات التكنولوجية والمعاهد التقنية ومعاهد إعداد الفنيين بل وطلاب المدارس الفنية والمدارس الصناعية.

المؤلف

التغذية الكهربية Electric Supply

تمثل التغذية الكهربية السؤال الجوهري عند إجراء الدراسات الاقتصادية لإنشاء صناعة ما وهذه المصنع كما أنها تعتمد علي المواد الخام أو قطع الغيار أو غيرهم من مواد هامة تعتمد أيضا علي أسلوب الطاقة الكهربية سواء كانت من جهة الكمية أو النوعية أو التقنية الخاصة بالتعامل بجانب الأسلوب التسويقي للطاقة الكهربية وهو ما يعمل به كنظام أساسي في كل الدول المتقدمة في نطاق بيع الطاقة الكهربية حيث تتنافس الشركات المختلفة في هذا الميدان وهو ما تتجه إليه الدول النامية ككل في القرن الحالي وهو ما سوف يحدث بإذن الله بعد عدة سنوات ولذلك يشكل الجانب الكهربي في المصانع مهما كانت نوعيتها واحدا من أهم العوامل المؤثرة ليس علي المستوى الاقتصادي فقط بل علي المستوى التقني خصوصا وان التقدم العلمي والتكنولوجي الحالي يسير بشكل متزايد ، ولهذا السبب يكون جوهريا من اللازم التعرض لعدد من المحاور الأساسية في هذا المجال يتناولها الفصل الحالي في السطور التالية.

1-1: المواقع الصناعية Industrial Sites

تتمتع المواقع الصناعية بعدد من الخصائص المميزة مما يجعلنا نتعامل مع هذه المواقع بشكل علمي بسيط وبالتحليل الهندسي المرتبط له كي نستوعب الأهمية القصوى لوضع التغذية الكهربية واحدا من المعاملات المؤثرة في العملية الاقتصادية وهو ما نضعة في ما هو تالي:

أولا: تصنيف المواقع Types

تتباين المواقع الصناعية من تلك الصغيرة في المساحة الأرضية لغاية المساحات الشاسعة وهذا ما يهمنا لتحديد نوع الأحمال الكهربية كي نستطيع وضع التخطيط السليم قبل الإنشاء أو لدراسة الجدوى أو لأي من الأسباب الفنية والهندسية الهامة التي قد تدخل في الاعتبار وتتنوع فيما بينها علي نحو قد نضعة في الصورة التالية:

1- المواقع الصناعية المطلقة

تتباين فيها عددا من النوعيات مثل:

أ) المصانع المؤقتة Temporary

في هذا النطاق تكون المصانع غير مستمرة العمل سواء كانت بالنسبة لليوم الواحد أو نسبة إلي غير المنتظمة في الانتاج وهي تلك المصانع التي تعمل تبعا للطلب المسبق منها مثل الصناعات الذهبية أو الفضية أو الصناعات التي تتعامل مع المواد والأدوات علية ومرتفعة الثمن وتتميز أنها عموما لا تستهلك الطاقة بشكل مركز غير أنها لا تتركز زمنيا أو مكانيا وهي ما يمكن أن تنشأ في الأبنية عموما.

ب) المصانع بطابع الورادي Shift Type

تعمل المصانع بنظام الورادي تلك المصانع التي تعمل يوميا وبدون راحة أسبوعة وهي تلك المواقع الصناعية التي تعمل بنظام الانتاج الكمي وهي عديدة مثل تلك التي تعمل في الصناعات الغذائية والتعليب وغيرها وهي عادة تأخذ شكل العنابر في التوزيع المكاني

ج) المصانع مستديمة العمل Continuous

هي المصانع التي تعمل بصورة مستمرة ودون توقف حيث لا يجوز وقف النشاط في العمل لأي سبب من الأسباب مثل الصناعات الكيميائية وتلك الخاصة بصهر الحديد والمعادن بشكل عام.

2- المواقع الصناعية المخزنية Store Sites

تتمثل هذه النوعية من المواقع في الصناعات التابعة للمخازن وهي تعتمد علي المواد الخام التي تخزن في ذات الموقع ونقوم عليها بالتصنيع مباشرة تقليلا لتكلفة النقل بل وزيادة معامل الاعتمادية في أسلوب الإنتاج وتدخل الصناعات البترولية حيث يتم تخزين المواد طبيعيا في باطن الأرض أو بالمخازن المؤقتة فوق سطح الأرض في صهاريج وكذلك الصناعات الغلالية والتي تعتمد علي تخزين الغلال في الصوامع المخصصة لها للقيام بعد ذلك بأعمال الصناعة والعمليات المقررة تباعا عليها.

3- المواقع الصناعية السكنية Population Sites

نجد أنه لأهمية هذه الصناعات والحاجة الماسة لتواجد الخبراء العاملين في ذات المجال نجد أن المواقع الصناعية في ذلك الوقت تخصص موقعا سكنيا للعاملين سواء في وحدات التشغيل أو في أعمال الصيانة لتلبية أعمال الصيانة

الطارئة في حالات الطوارئ ومن ثم نري المنشآت السكنية التي تلحق بالمصانع وبالتالي تظهر هنا الأحكمال المنزلية بجانب تلك الصناعية وبدرجة تتناسب مع عدد الوحدات السكنية والتي لا بد وبالضرورة أن تكون وحدات سكنية عاملة من جهة التحميل الكهربي وتدخل في هذه الصناعات تلك النسيجية أو حتي محطات الكهرباء كمواقع صناعية وغيرهما.

4- المواقع الصناعية البحرية Marine Sites

نحتاج إلي هذه النوعية من المواقع في الأماكن البحرية حيث تتواجد الترسانات البحرية وفيها يتم العمل بشكل مباشر علي نظام الورادي المتتابعة بأحمال تنازلية لأن العمل النهاري يحتاج إلي تلبية النشاط البحري في المواني بينما تكون هذه الحاجة أقل في الفترات المسائية وتتواجد هذه النوعيات أيضا علي ضفف النيل في مصر حيث تكون الأعمال النهرية تعمل في مجال النقل النهري مثل مدينة الأقصر.

5- المواقع الصناعية المغلقة Closed Sites

تأتي هذه المواقع بداية في المواقع الصناعية العسكرية حيث يتم الأداء بالأسس السرية الكاملة ومن ثم تكون هذه المواقع ذات طبيعة خاصة سواء كانت انتاج مستمر أو متتابع أو طاريء حسب الأحوال وبالتالي يكون العمل في هذه النوعية غير منتظم ولا يمكن أن يدرج تحت لواء أحد الأنواع السابقة بالرغم من أنه يشمل كل هذه الأنواع.

6- المواقع الصناعية الصيانية Maintenance Sites

تتبع هذه النوعية تلك المواقع التي تعمل علي أعمال الصيانة المستمرة للعديد من المعدات أو تلك المواقع التي تعمل علي استعادة المواد الخام من بعض المهملات (الخردة) أو في مواقع إعادة صهر الحديد أو بعض المعادن الأخرى كما يدخل هنا في الحسبان تلك الورش التي تعمل في الإصلاح سواء كان للمعدات الكهربية أو غيرها أو للسيارات وهكذا. من الجهة الأخرى يمكن وضع أنواع المصانع تبعا للإستهلاك الكهربي وبذلك نجد أنها تتنوع إلي:

1- مصانع ضخمة Big

المصانع الضخمة هي تلك التي تعتمد علي الطاقة الكهربية بشكل كبير مثل مصانع الحديد والصلب والألومنيوم حيث يكون من الخطأ الاعتماد علي

الشبكة الكهربية من المدينة حيث تقع هذه المصانع ولهذا نجد أنها لا بد وأن تعتمد علي الحصول علي الطاقة الكهربية علي جهد التوزيع 380 / 220 ف حيث ستكون الطاقة المطلوبة هائلة ولذلك نجد أن هذه المصانع تحصل علي الطاقة الكهربية من خلال محطات كهربية خاصة بها وتتعامل علي الجهد العالي كي تقل التيارات المقتنة عن تلك فيما لو كان الحصول عليها من الجهد المنخفض. في هذه النوعية تتعامل شركات بيع الكهرباء مع المصانع علي أنهم من كبار العملاء أو المستهلكين حيث الطاقة كبيرة ولكن في الحقيقة نرى أن هذه المصانع تتكلف ثمن محطات الكهرباء الخاصة بها مما يرفع التكلفة الإقتصادية (رأس المال) عند الإنشاء ولكنه بمرور الوقت سرعان ما تعود هذه الأموال للمصانع من خلال إنخفاض سعر بيع الطاقة الكهربية.

الجدول رقم 1 – 1 : الأبعاد القياسية (بالمتر) لمحطات المحولات الداخلية والمتاحة للمواقع الصناعية ووزن المكونات بدون المحولات بالطن

جهد (kV)	مقنن المحولات MVA	خطوط الخروج	أبعاد المحطة	الوزن
110/35/6-11	1 × (5.6-20)	4×(6-11) + 2×35	30×35	35
110/35/6-11	2 × (5.6-20)	8× (6-11) + 4x35	34×57	35
110/6-11	1× (5.6-15)	4× (6-11)	20×27.5	18
110/6-11	2× (5.6-15)	8× (6-11)	27×35	37
35/6-11	1× (3.2-15)	4× (6-11)	12×14	15-20
35/6-11	1× (0,56-3.2)	4× (6-11)	12×14	10
35/6-11	2× (0,56-3.2)	8× (6-11)	14×20	14

من مزايا هذه النوعية من المصانع أنها تعتمد علي شبكة الجهد العالي (220 أو 110 أو 66 ك. ف.حسب الأحوال) أي لا ترتبط بشبكة التوزيع في المدن ومن هنا ترتفع بمعامل الاعتمادية من جهة انقطاع التيار الكهربي كما أنها ستقوم علي تشغيل محطات الكهرباء التي تتبعها وهي دائما عبارة عن محطات محولات (جدول رقم 1– 1) ومن النوع الداخلي

مما يلقي عليها بالعبء في التشغيل في مقابل ضمان الأداء الأمثل وما يتبعة من زيادة معدلات الانتاج أيضا، كما أن سعر الكهرباء علي الجهد العلي منخفض بشدة بالنسبة للاستهلاك علي جهد التوزيع وبهذا يستفيد المصنع من جهتين هما سعر الكيلووات ساعة بجانب التعامل بأسلوب كبار المستهلكين وهو ما يخفض تيعطي العديد من المزايا. ولا يتوقف الوضع هنا بل يمتد إلي اتاحة الفرصة أمام المصنع لتحسين معامل القدرة سواء علي الجهد العالي أو التوزيع حسب الدراسة الاقتصادية والفنية في هذا الشأن لأن هذا التحسين يقابله تخفيض آخر في سعر شراء الطاقة من الشركات وهو من أساليب التشجيع الهامة التي تنتهجها شركات الكهرباء مع كبار المشتركين .

تظهر بعض المواصفات الفنية الأساسية لهذه المحطات من جهة التصميم لهذه المحطات والتقييم والاختيار السليم لها ولأجزائها كما هو وارد في الجدول رقم 1 – 2 حيث أهم المعاملات التي يحتاجها المهندس للفهم ولإتخاذ القرار الهندسي الصحيح.

الجدول رقم 1 – 2 :أقل مسافة لأجزاء محطات المحولات الداخلية (سم)

جهد (kV)	3	6	10	20	35	110	150	220
بين الأطوار	7	10	13	20	32	100	140	200
لبن الطور والأرض	6.5	9	12	18	29	90	130	180
باع فعلي	20-30	25-50	30-70	50-70	50-70	125-160	200	300
بين الطور والحائط	9.5	12	15	21	32	93	133	183
بين دائرتين	16.5	19	22	28	39	100	140	190
إقتراب	200	200	200	220	220	290	330	390
عن الأرض	250	250	250	270	270	340	370	420

2- مصانع متوسطة Middle
تقع هذه النوعية من المصانع في المدي المتوسط من استهلاك الطاقة وعادة ما تكون علي الجهد المنخفض مثل 11 ك. ف. حيث يتلاءم التيار المطلوب من الشبكة الموحدة مع الكبلات المتوافرة في الأسواق كي تقوم علي هذا النقل الكهربي وتتعامل هذه المصانع بنوع خاص من المزايا من ناحية شركات بيع الكهرباء وتحصل أيضا علي بعض المزايا وإن كانت أقل من تلك النوعية السابقة من المصانع .

3- مصانع صغيرة Small
تعمل هذه المصانع علي الجهد 380 / 220 ف حيث أن الطاقة المطلوبة قليلة ولا تحتاج إلي القدرات الضخمة ولذلك لا تعمل علي النظم الأخرى الأكبر وهذا لا يعني أنها قد تكون محدودة النظام كما سبق البيان بل أنها قد تكون أحد الأنواع الستة السابق بيانها بل وقد تشمل أكثر من نوع منهم.

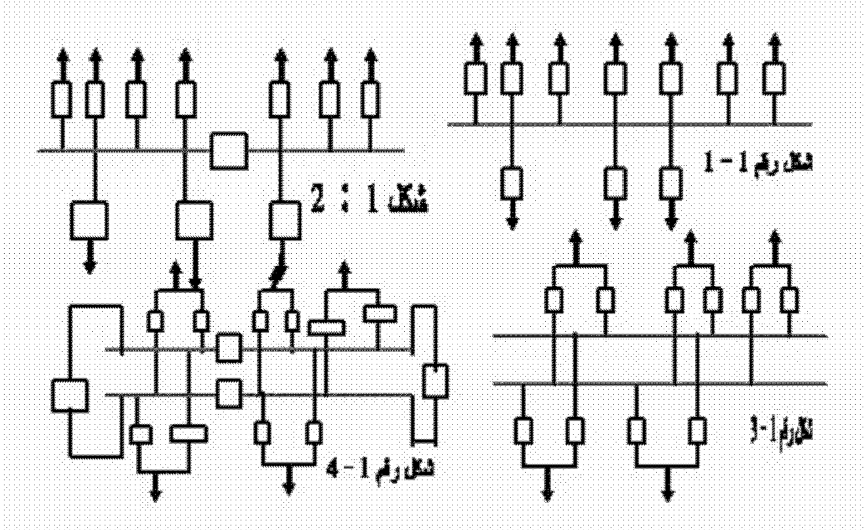
2-1: التغذية الكهربية للموقع Electric Supply

قبل التطرق إلي نظم التغذية الكهربية نلقي نظرة علي موضوع القضبان الرئيسية والخاصة بنقاط توزيع القدرة والطاقة الكهربية علي المواقع المختلفة داخل المنشأة الصناعية والتي بدورها تكمل التغذية الكهربية الآمنة إلي الأحمال المتنوعة سواء كانت أحمالا ديناميكية مثل المحركات بأنواعها أو أحمالا إستاتيكية مثل الدفايات والمصابيح وغيرها. ومن ثم نتناول موضوع التغذية الكهربية بالمحاور التالية:

أولا: أنواع القضبان الرئيسية Main Bus Bars

عند التعامل مع الشبكات الكهربية عموما حيث تكون القدرات الكهربية المنقولة ضخمة فيكون من الصعب التعامل مع مصطلح العقدة كنقطة إتصال مشتركة بين الأفرع المختلفة في الدائرة الكهربية، وهذا ما نقوم بتحويله إلي مسمي القضبان الكهربية بدلا من العقدة المستخدمة علميا في الدوائر الكهربية والإلكترونية عموما. من هذا المنطلق نضع أسلوبا متخصصا للتعامل مع الأحمال الكهربية من خلال هذه العقدة (القضبان)، وهذه القضبان تتنوع وتتباين كما هو موجز باختصار في السطور التالية:

1- القضبان المفردة (الشكل رقم 1-1)
2- القضبان المفردة المجزأة (الشكل رقم 1-2)
3- القضبان المزدوجة (الشكل رقم 1-3)
4- القضبان المزدوجة المجزأة (الشكل رقم 1-4)



من الناحية الأخرى نجد أنه تتم تغذية الموقع الصناعي من الشبكة الكهربية الموحدة سواء كان ذلك من جهة واحدة حيث تقل الاعتمادية وتزيد معاملات الخطورة من انقطاع التيار الكهربي من الشبكة ولذلك يتم اللجوء إلي النظام الثاني وهو التغذية الكهربية من جهتين وهي ما ترفع من معامل الاعتمادية ومع ذلك فان بعض الانواع من هذه المصانع تزيد من ذلك المعامل بالاعتماد علي إضافة محطات توليد بالموقع وهي عادة عبارة عن وحدات ديزل بالموقع وهو ما نلجأ إليه في المستشفيات والمواقع الأخرى ذات أهمية قصوى. إضافة إلي ما سبق نجد أن بعض المواقع تزيد من هذا الاهتمام فنيا وتجعل التوصيل مع الشبكة الكهربية ليصبح متعدد المصادر أي أكثر من طرفي تغذية ويمكن اتباع ذلك مع

المصانع البسيطة علي الجهد المنخفض 11 ك. ف. بإسلوب التوصيل الحلقي لضمان استمرارية التغذية.

تبدأ التغذية الكهربية من خلال القضبان الرئيسية التي تقع في بداية التوصيلات الكهربية وقبل الدخول إلي الأحمال الكهربية داخل الموقع ويسبق هذه القضبان قاطع كهربي عمومي ليقوم علي التوصيل والفصل اليدوي أو الفصل التلقائي عند حدوث قصر كهربي داخل الشبكة الكهربية داخل الموقع ككل، وتتمثل التغذية الكهربية في عددا من النظم الخاصة:

الجدول رقم 1 – 3 : مقننات القضبان الرئيسية المطلاة بالألومونيوم (أ)

أبعاد القضبان	شكل القضبان		AC (DC) تيار, A		
(mm)	مساحة mm^2	وزن kg/m	وحيد القطب	ثنائي القطب	ثلاثي القطب
15x3	45	.12	165	-	-
20x3	60	.16	215	-	-
25x3	75	.2	265	-	-
30x4	120	.32	365(370)	-	-
40x4	160	.43	480	-(855)	-
40x5	200	.54	540(545)	-(965)	-
50x5	250	.68	665(670)	-(1180)	-(1470)
50x6	300	.81	740(745)	-(1315)	-(1655)
60x6	360	.97	870(880)	1350(1555)	1720(1940)
80x6	480	1.3	1150(1170)	1630(2055)	2100(2460)
100x6	600	1.62	1425(1455)	1935(2515)	2500(3040)
60x8	480	1.3	1025(1040)	1680(1840)	2180(2330)
80x8	640	1.73	1320(1355)	2040(2400)	2620(2975)
100x8	800	2.16	1625(1690)	2390(2945)	3050(3620)
120x8	960	2.59	1900(2040)	2650(3350)	3380(4250)
60x10	600	1.62	1155(1180)	2010(2110)	2650(2720)
80x10	800	2.16	1480(1540)	2410(2735)	3100(3440)
100x10	1000	2.7	1820(1910)	2860(3350)	3650(4160)
120x10	1200	3.24	2070(2300)	3200(3900)	4100(4860)

1- نظام التغذية مفرد الطور وهو ما يستخدم في نطاق ضيق داخل المواقع الصناعية ويعتمد عليه الأحمال المنزلية والإضاءة.

2- نظم التغذية ثلاثية الطور وهو ما يخص التغذية القوى الكهربية ثلاثية / أحادية الوجه

كما يمكن تحميل التكييف المركزي بصورة مستقلة في هذا الميدان.

ثانيا: مقطع القضبان Bus Bar Cross section

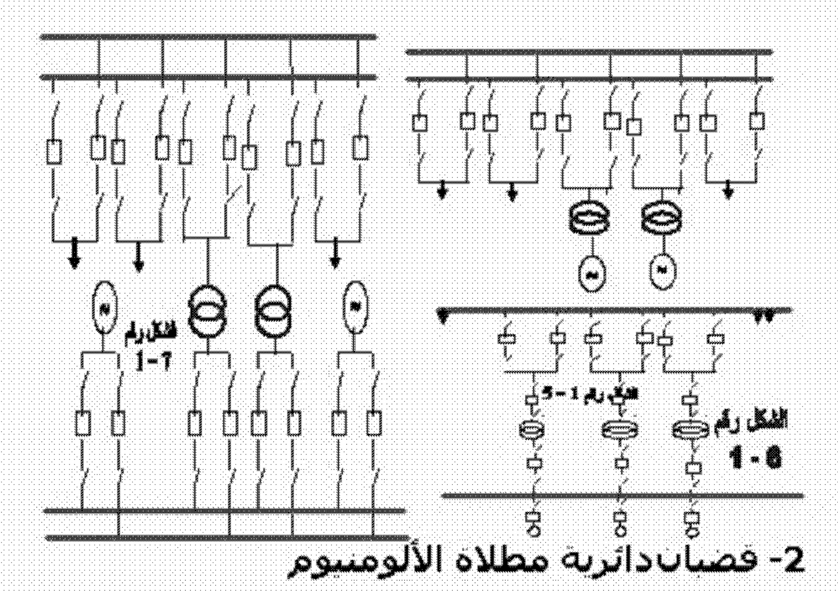
تخضع هذه القضبان للمواصفات القياسية ولها مقننات تبعا لنوعية معدن التصنيع وتتمثل في:

1-قضبان مستطيلة مطلاة بالألومنيوم

Rectangular Alum. Coated

مقننات تلك النوعية محددة في الجدول رقم 1-3 أو مطلاة بالصلب كما في الجدول رقم 1-4.

جدير بالذكر أن هذه النوعيات من القضبان يستخدم في التوصيلات الكهربية بالمصانع وهما النوع وحيد القضبان (الشكل رقم 1 – 1 ، 2) أو مزدوج القضبان كما في الشكل رقم 1 – 3 أو 1-4 كما يوضح الجدول رقم 1 – 3 المقننات القياسية لهذه القضبان مستطيلة المقطع بالأمبير سواء كان للتيار المستمر أو المتردد حيث يأخذ القضبان أشكالا مختلفة (وحيدة القلب أو ثنائية أو ثلاثية المطلية بالألومونيوم)، وعلي الجانب الآخر نري نفس المقننات للقضبان المطلية بالصلب في الجدول رقم 1 – 4.



2- قضبان دائرية مطلاة الألومنيوم

Circular Alum. Coated

الجدول رقم 1 – 4 : مقننات القضبان الرئيسية المطلاة بالصلب (أمبير)

الأبعاد, mm	مساحة, m^2	وزن, kg/m	AC (DC) , A.
16x2.5	40	.32	55(70)
20x2.5	50	.39	60(90)
25x2.5	62.5	.49	75(110)
20x3	60	.47	65(100)
25 x3	75	.59	80(120)
30 x3	90	.71	95(140)
40 x3	120	.94	125(190)
50 x3	150	1.18	155(320)
60 x3	180	1.41	185(280)
70 x3	210	1.65	215(320)
75 x3	225	1.8	230(345)
80 x3	240	1.88	245(365)
90 x3	270	2.15	275(410)
100 x3	300	2.35	305(460)
20x4	80	.63	70(115)
22 x4	88	.7	75(125)
25 x4	100	.79	85(140)
30 x4	120	.95	100(165)
40 x4	160	1.26	130(220)
50 x4	200	1.57	165(270)
60 x4	240	1.88	195(325)
70 x4	280	2.2	225(375)
80 x4	320	2.51	260(430)
90 x4	360	2.85	290(480)
100 x4	400	3.14	325(535)

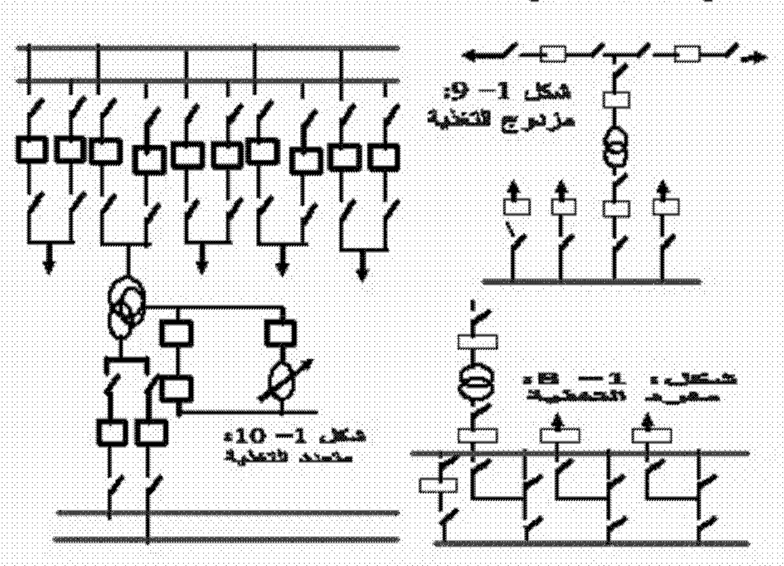
نجد أن هذه النوعية من القضبان دائرية المقطع والتي بدورها تصنف إلي:

أ) القضبان دائرية المقطع مسمطة ومطلاة بالألومونيوم Solid

هذه القضبان لها مقننات نجدها مجدولة في الجدول رقم 1 – 5 بالنسبة لمسمطة المقطع والمطلاة بالألومونيوم.

ب) القضبان دائرية المقطع مفرغة Hollow

تتنوع هذه القضبان أيضا فمنها المطلاة بالألومونيوم كما في الجدول رقم 1 – 6 للمفرغة دائرية المقطع علي سبيل المثال، وقد جاء الجدول رقم 1 – 7 بالمقننات التي تخص القضبان الأنبوبية المقطع مطلاة بالصلب و لا يمكن أن نترك تلك القضبان النحاسية سواء كانت أنبوبية المقطع أو مستطيلة الشكل وهي الأكثر شيوعا في التطبيقات الهندسية والتقنية عموما. ونظرا لأن هذه القضبان عموما تتمدد بالحرارة أي بمرور التيار بها مما يعني من ضرورة تعديل قيمة التيار المسموح مروره به وهو ما يعتمد علي درجة حرارة الهواء المحيط مما يستلزم الاستعانة بمعامل تصحيح للتيار المسموح.



ذلك هو ما بينه الجدول 1 – 8 خصوصا وأن التيارات الكهربية المارة بها عالية القيمة مما يعمل علي تغيير الكثافة التيارية وبالتالي مقدرة المقطع علي تحمل هذه التيارات والمقننة ولذلك نحتاج إلي معامل التصحيح المستخدم هذا لتصحيح قيم التيارات الحقيقية بدلا من تلك المقننة للنوع

الدائري من القضبان والمطلي بالصلب حيث نلاحظ أنه مع ارتفاع درجة الحرارة يقل المعامل تحت الوحدة أي يعني أنه من المفروض تقليل التيار المقنن أي أن القضبان وهي ساخنة لا تتحمل ذات الكثافة عندما تكون باردة ولهذا يكون معامل التصيحيح دليلا هندسيا لتصحيح الوضع حتي يتم التعديل للتعامل مع القضبان بطريقة آمنة.

الجدول رقم 1 – 5 : مقننات القضبان الرئيسية دائرية المقطع والمطلاة بالألومونيوم (أمبير)

الأبعاد, mm	مساحة, m^2	وزن, kg/m	AC (DC) , A.
6	28.5	.08	120
7	38.5	.1	150
8	50.5	.14	180
10	78.5	.21	245
12	113.1	.31	320
14	153.9	.42	390
15	176.5	.48	435
16	201.1	.54	475
18	254.5	.69	560
19	283.5	.77	605(610)
20	314.2	.85	650(655)
21	346.4	.95	695(700)
22	380.1	1.04	740(745)
25	490.9	1.34	885(900)
27	572.6	1.56	980(1000)
28	615.8	1.68	1025(1050)
30	706.9	1.91	1120(1155)
35	962.1	2.6	1370(1450)
38	1134.1	3.1	1510(1620)
40	1256.6	3.43	1610(1750)
42	1385.4	3.78	1700(1870)
45	1590.4	4.34	1850(2060)

الشكل رقم 1 – 5 وحتى (أما عن الرسم الكهربي المفرد فهو في الشكل القياسي للنظم المختلفة من جهة الاعتماد علي التوليد المحلي بالمنشأة)الشكل رقم 1- 6 الصناعية، حيث أن المولدات هذه هي تلك الخاصة

بالموقع والتي تعمل تبعا لحالات الطوارئ بجوار التغذية المستديمة من الشبكة القومية الموحدة، ومن ثم نري لها أشكالا ثلاثة وهي:

1- مولد الديزل (الشكل رقم 1- 5)

2- محطة غازية صغيرة علي الجهد المتوسط (الشكل رقم 1- 6)

3- محطة كهربية علي الجهد العالي للمصانع الضخمة (الشكل رقم 1- 7)

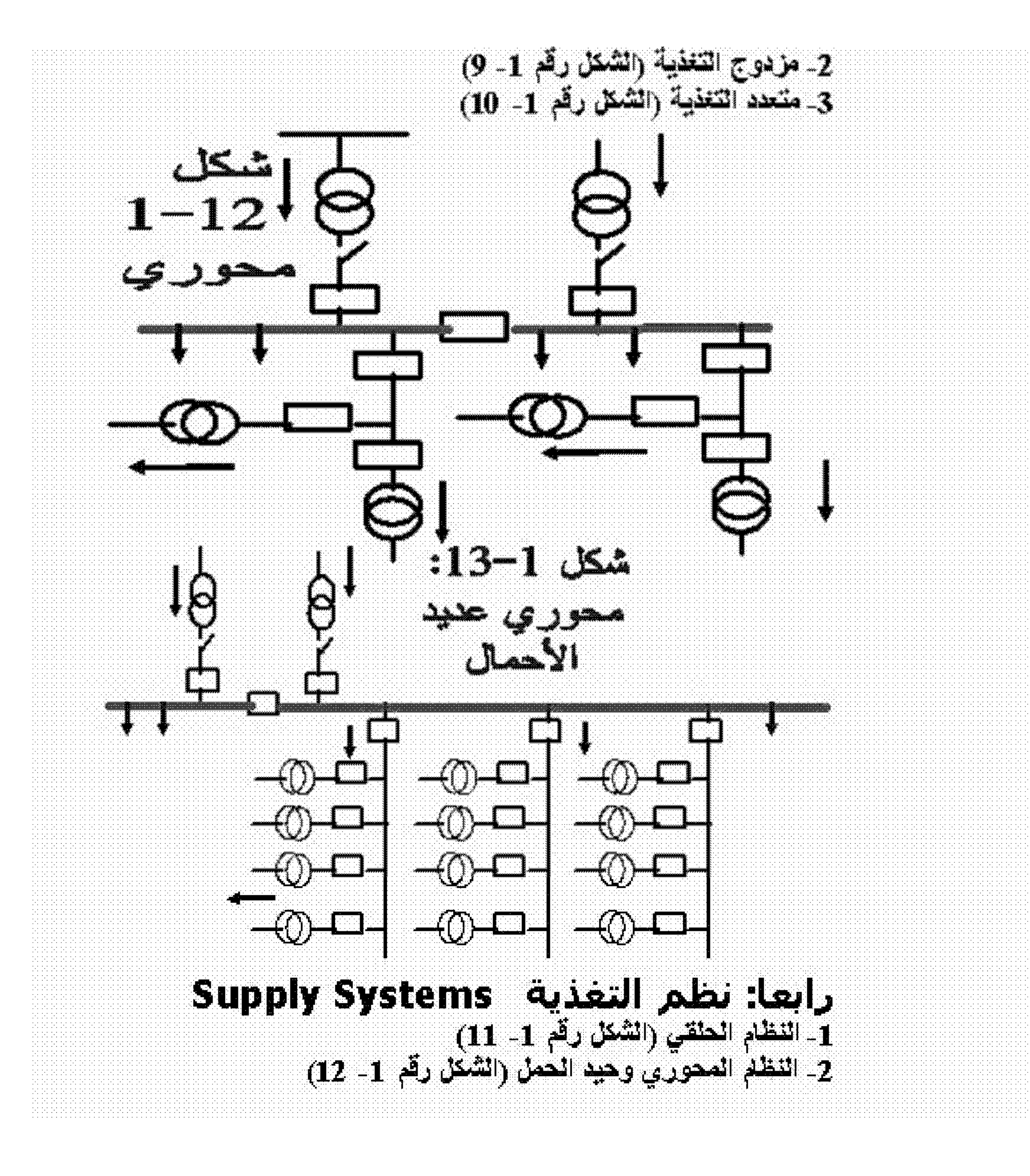
شكل 1 – 11: حلقي

من الجهة الأخرى نرى في الشكل رقم 1 – 8 ، 9، 10 مصادر التغذية والتي تبين أنها إما من مغذي واحد (وحيدة المصدر) أو مزدوجة أو متعدد التغذية من الخطوط المختلفة كي نضمن التغذية المستمرة، بينما نجد أن الأحمال من الأطراف الأخرى قد تتباين أيضا داخل الشبكة الداخلية بالموقع علي النحو المعروض في الشكل رقم 1 – 11، 12، 13.

التوزيع الداخلي لكهرباء المصانع كثيرا ما يحتاج إلي استخدام التيار المستمر مما يجعل انتاج التيار المستمر من الشبكة المحلية بالموقع أمرا حيويا ويتبع ذلك الشكل النمطي (الشكل رقم 1 – 14) لدائرة إنتاج التيار المستمر ونجد في الشكل رقم 1 – 15 كيفية تقسيم أجزاء قضبان التوزيع كي نضع علي كل قطعة منه الأحمال المتساوية في الأهمية حتي يمكن التغلب علي حالات التحميل المختلفة ويفضل أن يكون في القطاع الأوسط تلك الأحمال ذات الأهمية الأقصى ويوزع تلك الأحمال أيضا علي أكثر من منبع تغذية رئيسية ويبين قاطع الربط بين الأجزاء المختلفة للقضبان هذه من جهتيه لرفع عول التغذية من أي جهة.

ثالثا: مصادر التغذية Supply Sources

1- مفرد التغذية (الشكل رقم 1- 8)



2- مزدوج التغذية (الشكل رقم 1- 9)

3- متعدد التغذية (الشكل رقم 1- 10)

شكل 1-12 محوري

شكل 1-13: محوري عديد الأحمال

رابعا: نظم التغذية Supply Systems

1- النظام الحلقي (الشكل رقم 1- 11)

2- النظام المحوري وحيد الحمل (الشكل رقم 1- 12)

الجدول رقم 1 – 6 : مقننات القضبان الرئيسية دائرية مفرغة (ماسورة) والمطلاة بالألومونيوم (أمبير)

الأبعاد, mm	مساحة, m^2	وزن, kg/m	AC (DC)
13-16	68.3	.18	295
17-20	87.2	.24	345
18-22	125.7	34	425
25-30	216	.58	640
26-30	175.9	.48	575
27-30	134.3	.36	500
35-40	294.5	.8	850
36-40	238.8	.65	765
40-45	333.8	.9	935
45-50	373.1	1.01	45-50
50-55	412.3	1.11	50-55
54-60	537.2	1,45	54-60
64-70	631.5	1.71	64-70
72-80	955.1	2.58	72-80
75-85	1256.6	3.39	75-85
90-95	726.5	1.96	90-95
90-100	1492.3	4.02	90-100

3- النظام المحوري عديد الأحمال (الشكل رقم 1- 13)
4- النظام المحوري للتغذية بالتيار المستمر عالي القدرة (الشكل رقم 1- 14)
5- النظام العام متعدد التجزأة (الشكل رقم 1- 15)

3-1: وحدات القياس القياسية
Measuring Units

تتعدد نظم القياس بشكل عام في كافة المجالات وهي التي تحتوي علي:

الجدول رقم 1 – 7 : مقننات القضبان الرئيسية دائرية مفرغة (ماسورة) ومطلاة بالصلب (أمبير)

الأبعاد, mm	مساحة, m^2	وزن, kg/m	AC /DC
13.5-2.25	78.5	.62	75
17-2.25	105	.82	90
21.31-2.75	159.7	1.25	118
26.75-2.75	207.2	1.63	145
33.5-3.25	308.7	2.42	180
42.45-3.25	398	3.13	220
48-3.5	489	3.84	255
60-3.5	621	4.88	320
75.5-3.75	844	6.64	390
88.5-4	1061.3	8.34	455
114-4	1390	10.85	670(770)
137-4.5	1915	15.04	800(890)
165-4.5	2270	17.81	900(1000)

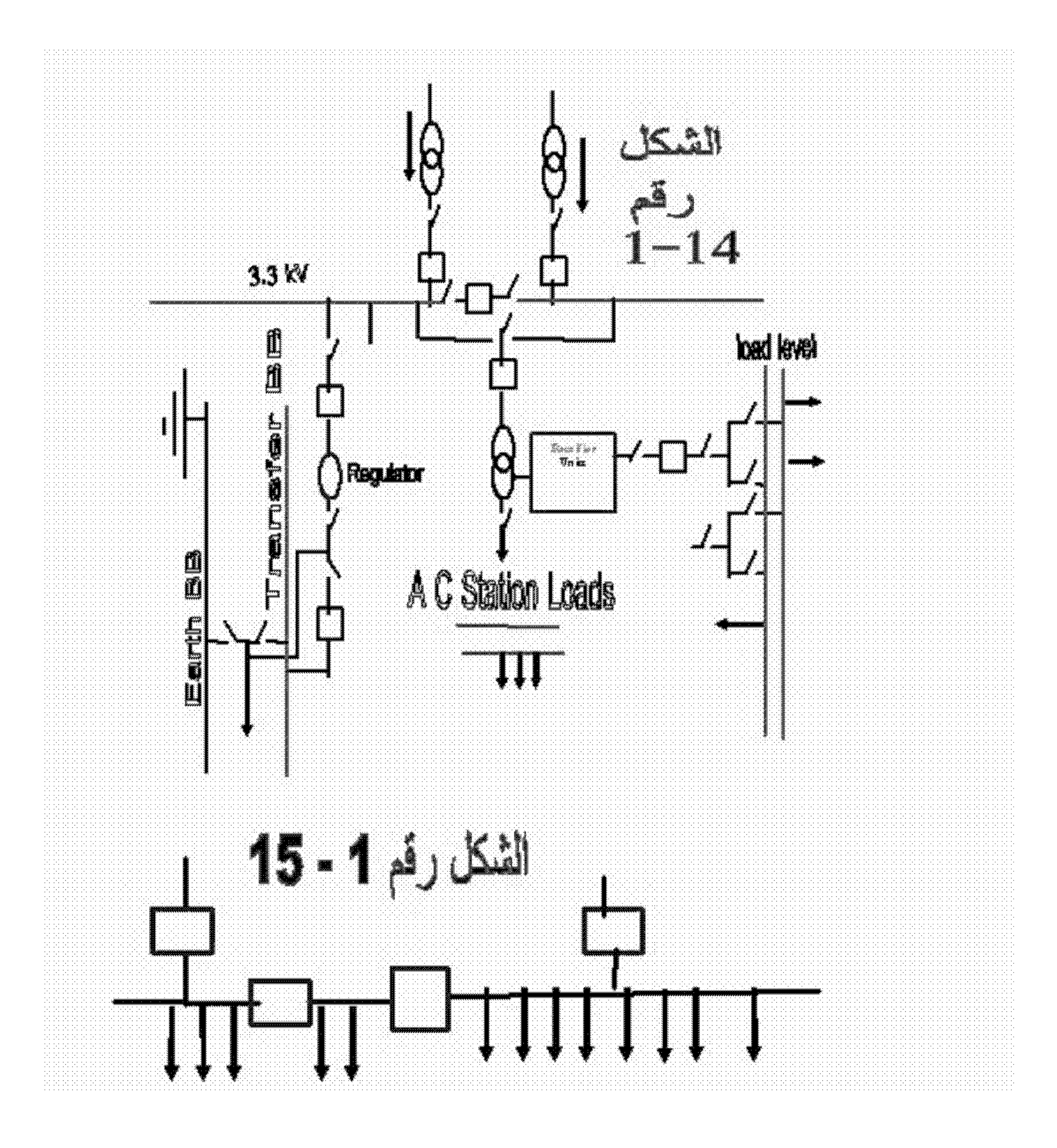
الجدول رقم 1 – 8 : معامل التصحيح لمقننات القضبان الرئيسية دائرية مفرغة والمطلاة بالصلب

حرارة الغرفة (C °)	-5	0	+5	10	15	20
معامل التصحيح	1.29	1.24	1.2	1.15	1.11	1.05
حرارة الغرفة (C °)	25	30	35	40	45	50
معامل التصحيح	1	.94	.88	.81	.74	.67

أولاً: وحدات القايس الأساسية كما هي مبينة بنظام SI للوحدات في الجدول رقم 1-9.

ثانيا: وحدات القياس المتدرجة في القيمة وذلك للتدرج الأدني أو الأعظم كوحدات مختصرة للأصفار الرقمية حتي تتناسب مع القياسات العملية الفنية والعلمية (جدول رقم 1-10)

نجد أنه من الضروري التعرف علي التحويلات بين الوحدات المختلفة ومن أهمها:



الشكل رقم 1-14

الشكل رقم 1 - 15

جدول رقم 1-9: وحدات القياس القياسية الأساسية

(الجزء الأول: وحدات مزدوجة)

الأسم		وحدة القياس	
بالعربية	بالانجليزية	بالعربية	بالانجليزية
المساحة	area	متر مربع	m^2
الحجم	Volum	متر مكعب	m^3
السرعة	velocity	متر / ثانية	m/s
العجلة الخطية	acceleration	متر / ثانية^2	m/s^2
سرعة الدوران	Angular velocity	زاوية / ثانية	Rad/s

جدول رقم 1-9: وحدات القياس القياسية الأسلسية

(الجزء الثاني: وحدات وحيدة الإتجاه)

الأسم		وحدة القياس	
بالعربية	بالانجليزية	بالعربية	بالانجليزية
الزمن	Time	ساعة	h
قوة الحصان	Horse Power	حصان	HP
وحدة حرارية بريطانية	British Thermal Unit	و. ح. ب.	BTU
وحدة الحرارة	Thermal Unit	كالوري	Cal
وحدة الحرارة	Thermal Unit	إرج	Erg
المسافات الطولية	length	متر	m
الكتلة	mass	كيلو جرام	kg
الوزن	Weight	كيلو جرام	kg
التيار الكهربي	Current	أمبير	A
الزاوية	Angle	درجة	rad

جدول رقم 1-9: وحدات القياس القياسية الأساسية

(الجزء الثالث: قياس وحدات كهربية عامة)

وحدة القياس		الأسم	
بالانجليزية	بالعربية	بالانجليزية	بالعربية
Hz	هيرتز	frequency	الذبذبة
$N = kg\ m/s^2$	نيوتن	force	القوة
J	جول	Energy	الطاقة
W = J/s	وات	Power	القدرة
C	كولوم	Charge	الشحنة
V	فولت	voltage	الجهد
A. s	أمبير ساعة	Electric flux	مجال كهربي
F	فاراد	capacitance	سعة
Ω	أوم	Resistance	مقاومة
S=A/V	سيمين	conductance	توصيلية
Wb=V s	ويبر	Magnetic flux	مجال مغناطيسي
A/m	أمبير/م	Magnetic field intensity	شدة مجال مغناطيسي
H	هنري	inductance	حثية
V/m	ف/م	electric field intensity	شدة مجال كهربي
C/m^2	كولوم/م 2	electric field density	كثافة مجال كهربي
Tesla= Wb/m^2	تسلا	Magnetic field density	كثافة مجال مغناطيسي
N. m	نيوتن متر	torque	عزم
Ω	أوم	reactance	ممانعة
Ω	أوم	impedance	معوقة
W	وات	Active power	قدرة فعالة
VAR	ف أ ر	Reactive power	قدرة غير فعالة
VA	ف أ	Apparent power	قدرة ظاهرية

252 Cal = 1 BTU , 41.8 M Erg = 1 Cal , 1 W = 1 J/s , 1 HP = 746 W , 3.6 M J = 1 kWh)

ثالثا: المواد الكهربية Materials

من أهم المواد المستخدمة في الصناعات الكهربية ثلاث أنواع وهي:

1- المواد الموصلة Conductors

تظهر هنا جميع أنواع المواد المعدنية ومن أهمها النحاس والألومونيوم وذلك لرخص الثمن وارتفاع الكثافة الكهربية لهما نسبة إلي السعر وهذه الكثافة ليست قيمة ثابتة بل تتغير مع مدة التحميل المستمرة كما يبينها الجدول رقم 1-11 .

2- المواد العازلة Insulators

هذه المواد متعددة ومتجددة حيث يأتي العلم بالجديد بصفة مستمرة ويمكن تقسيمها إلي:

جدول رقم 1-10: وحدات القياس المتدرجة

كلمة prefix	الرمز	القيمة	كلمة prefix	الرمز	القيمة
exa	E	10^{18}	deci	d	10^{-1}
peta	P	10^{15}	centi	c	10^{-2}
tera	T	10^{12}	milli	m	10^{-3}
giga	G	10^{9}	micro	µ	10^{-6}
mega	M	10^{6}	nano	n	10^{-9}
kilo	k	10^{3}	pico	p	10^{-12}
hecto	h	10^{2}	femto	f	10^{-15}
deka	da	10^{1}	atto	a	10^{-18}

أ) مواد صلبة Solid

هذه النوعية من أقدم العازلات الكهربية وتتنوع من المواد المعروفة مثال القطن والحرير والورق والميكا والزجاج والبورسلين والكوارتز والثرموبلاستيك والمطاط والخشب

ب) مواد سائلة Liquid نتشر هذه النوعية وتشمل الزيوت بشكل أقل من تلك الصلبة.

ج) مواد غازية Gas

هذه المواد انتشرت مؤخرا علي نطاق واسع ومنها الهواء وسادس فلوريد الكبريت

د) مواد مختلفة Different Materials

منها السليكيون والغز المخلخل والذي أظهرته الأبحاث في القرن الماضي

3- المواد شبه الموصلة Semiconductors

مثل الترانزيستور والموحدات وصمامات ودوائر الكترونية متعددة ومختلفة النظم

4-1: محطات التوليد Generating Stations

تستقل بعض الجهات وخاصة المراكز الصناعية الكبري بالتوليد الكهربي ويوجد أيضا من يضع مثل هذا التوليد الخاص لحالات الطوارئ كما هو الحال في المجمعات التعليمية مثل الموجود بمدينة الإسماعيلية في مصر ولهذا السبب سوف نستعرض حالتي التوليد المحلي والوسائل الناقلة للطاقة في السطور القادمة في المواقع الصناعية والتجمعات الكبري للأحمال الكهربية.

شكل 1- 16 : خصائص تحسين معامل القدرة

أولا: محطات التوليد الخاصة Private Stations

تتواجد محطات التوليد الخاصة في المنشآت الصناعية عادة إما علي صورة محطة توليد دائمة تعمل باستمرار فى ظروف التشغيل والإنتاج الطبيعية وإما على صورة محطة توليد إحتياطه يتم تشغيلها في فترات الطوارئ أو عند انقطاع التغذية من الشبكة الرئيسية أو في فترات الأعطال والحوادث مثلا

جدول رقم 1-11: الكثافة الكهربية لمعدني النحاس والألومونيوم

شكل الموصل	معدن الموصل	أقصي مدة لمرور التيار (س)		
		3-1	5-3	8-5
عاري	نحاس	2.5	2.1	1.8
	ألومونيوم	1.3	1.1	1
كابلات ورقية	نحاس	3	2.5	2
	ألومونيوم	1.6	1.4	1.2
أسلاك بلاستيكية	نحاس	3.5	3.1	2.7
	ألومونيوم	1.9	1.7	1.6
كابلات مطاطية	نحاس	3.5	3.1	2.7
	ألومونيوم	1.9	1.7	1.6
أسلاك مطاطية	نحاس	3	2.5	2
	ألومونيوم	1.6	1.4	1.2
كابلات بلاستيكية	نحاس	3.5	3.1	2.7
	ألومونيوم	1.9	1.7	1.6

يرتبط عمل المولد بعمل المحرك الابتدائي**prime-mover** حيث يتحدد قدره المولد الفعالة (**kw**) بقدرة المحرك الابتدائي بالكيلوات أيضا ولزيادة القدرة الفعالة الكهربية الخارجة من المولد يلزم زيادة القدرة الميكانيكية التي يسلمها المحرك الابتدائي لهذا المولد .علاوة علي ذلك فان للمولد مقننا أخر هو (**kVA**) يختص به دون المحرك الابتدائي وهو ناتج من ضرورة وجود مجال إثارة مغناطيسي **excitation field** داخل المولد نفسه وذلك لإمكان تحويل الطاقة الميكانيكية الداخلة إلية من المحرك الابتدائي إلي طاقة كهربية وعندما يعمل المولد علي جهد معين فإن مقنن

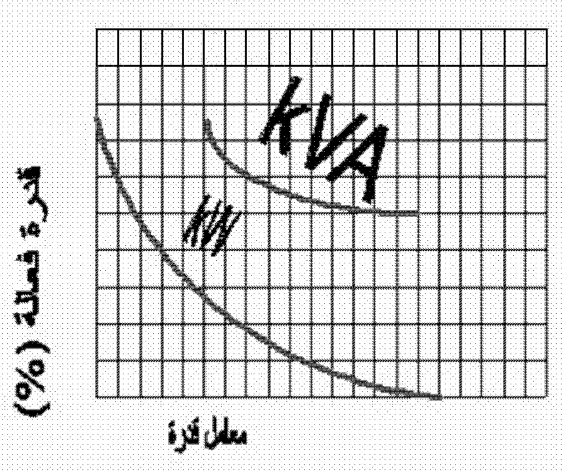
القدرة الفعالة P يرتبط مع القدرة غير الفعالة Q ومقتن القدرة الظاهرية الكلية S بالعلاقة

$$P = S \cos \varphi \quad , \quad Q = S \sin \varphi \qquad (1\text{-}1)$$

يتحدد معامل القدرة للمولد $\cos \varphi$ أثناء عملية تصميمه حيث يفرض عادة بقيمة 0.8 وعلي ذلك فإن المولد بمقتن 1 م.ف.أ يعطي قدرة فعالة 800 ك.و كما يمكنه تغذية الشبكة بقدرة غير فعالة بمقدار 600 ك. ف. أ. ر. وذلك عند التحميل الكامل للمولد (شكل رقم 1- 16).

ثانيا: محطات التوليد الدائمة

تلجأ المنشآت الصناعية أو المواقع التي تتعامل مع المحركات والأحمال الصناعية مثل الورش في المصنع أو في ورش الإصلاح والصيانة أو في المدارس الصناعية إلي إنشاء محطات توليد دائمة خاصة وذلك في حالات متعددة منها:



شكل 1- 17: التأثير علي قدرة التوليد

1- عندما تتوافر كمية كبيرة من الطاقة الحرارية الناتجة من العمليات الإنتاجية للمصنع وبذلك يمكن الاستفادة من تلك الطاقة الحرارية في تشغيل المحرك الابتدائي للمولد.

2- عند الحاجة إلي مصدر تغذية عالي الاعتمادية reliability عند جودة quality عالية جدا، حيث لا يمكن الاعتماد بصورة كلية علي التغذية من شبكة التغذية الرئيسية.

3- عندما تكون تكاليف الحصول علي الطاقة الكهربية من الشبكة العامة مرتفعة بصورة محسوسة بسبب بعد الموقع عن أطراف الشبكة الموحدة أو غير ذلك

تتواجد محطات التوليد الخاصة في حالات خاصة في بعض المدارس الفنية والتي تحتوي علي تخصص السيارات أو الشبكات الكهربية أو في المصانع الهامة مثل مصانع الغزل والسكر وكذلك بصورة رئيسية في الصناعات البتروكيماوية ومصانع الصلب والصناعات الكيماوية وغيرها وهو ما قد يظهر في المجمعات التعليمية أو بعض المدارس الفنية المتقدمة أو في المستشفيات أيضا ومن المألوف في مثل تلك الحالات أن يتم الاتفاق بين المسئولين في كل من المنشأة الصناعية وشبكة التغذية الرئيسية علي طريقة التشغيل بحيث يصبح من الممكن أن يعمل كل من محطة التوليد الخاصة وشبكة التغذية العامة على التوازي في تغذية أحمال المنشأة ويظهر في الشكل رقم 1-17 مدي تأثير معامل القدرة تبعا لقيمة الأحمال علي قدرة التوليد من مثل هذه الوحدات المحلية.

أن مواصفات المولد تحدد القدرة الفعالة بالكيلو وات ومعامل القدرة بالإضافة إلي القدرة غير الفعالة (ك. فلو) أو مقتن القدرة الظاهرية (ك. ف. أ.) كحدود يعمل عليها المولد بصورة متصلة بعد الوصول إلي حالة الاتزان الحراري (درجة حرارة ثابتة)، ونظرا لأن المولد يتم تصميمه بحيث يعمل علي معامل قدرة معين عند التشغيل علي الحمل الكامل (0.8 تقريبا). إن ذلك يعني أنه للحصول علي مقتن الحمل الكامل من القدرة الفعالة يجب ألا يقل معامل قدرة الحمل الذي يتم تغذيته بواسطة المولد عن معامل القدرة الخاص بهذا المولد. فمثلا لمولد بمقتن قدرة فعالة 4 م. و. ومعامل قدرة 0.8 ، أي بقدرة كلية 5 م.ف.أ0 فإن هذا المولد يمكنه أن يغذي حملا مقداره 4 م.و ومعامل قدرته 0.8 إذا كان المطلوب من هذا المولد هو تغذية حمل مقداره 4 م .و.، ولكن بمعامل قدرة متأخر مقداره 0.6 فإن ذلك يستلزم رفع الكيلو فولت أمبير المطلوب من المولد إلي

القيمة (4/ 0.6= 6.66 م. ف. أ.) وذلك للحصول علي نفس قيمة القدرة الفعالة 4 م.و عند معامل القدرة 0.6 مما يعني تجاوز المقتن للمولد بنسبة 33.33%. يبين الشكل 1-17 تأثير الأحمال ذات معامل القدرة المتأخر علي قيمة خرج output المولد المسموحة وذلك للمولدات القياسية ذات معامل قدرة 0.8 ويبين الجدول (1-2) تأثير تغيير معامل قدرة حمل مقداره 4 م.وعلي الكيلو فولت أمبير المطلوب من مولد مقتن قدرته الفعالة 4 م.و ومعامل قدرته 0.8 ومقتن قدرته الظاهرية 5 م.ف.أ كما يبين الجدول(1-12) تأثير تغيير معامل قدرة حمل قدرته الظاهرية 5 م. ف أ/ م. و. المطلوب من نفس المولد حيث نلاحظ من هذا الجدول أن إذا كان معامل قدرة الحمل المطلوب هو 0.5 مثلا فإن المولد لا يمكنه أن يغذي هذا الحمل بقدرة فعاله أكبر من 2500 ك.و وهذا يعني انخفاض القدرة الفعالة لهذا المولد بنسبة ([4 – 2.5]/ 4 × 100 = 37.5 %).

جدول (1-12): تأثير معامل القدرة على القدرة الكلية والفعالة لمولد 4 و 5 م. ف.

p.f. متأخر	لمولد 4 م. و.		لمولد 5 م. ف. أ.	
	قدرة فعالة، ك. و.	تجاوز المقتن الفعال %	قدرة كلية، ك. ف. أ.	تجاوز المقتن %
0.5	2500	37.50	8000	60
0.6	3000	25.00	6666	33.33
0.7	3500	12.50	5720	14
0.8	4000	0	5000	0
0.9	4500	0	4444	0
0.95	4750	0	4210	0

يمكننا أن نخلص من الجدول 1-12 إلي:

أولا : إذا انخفض معامل قدرة الحمل عن معامل القدرة المصمم عليه المولد فلن يستطيع المولد تغذية حمل ذي قدرة فعالة تساوي قدرته المقتنة إلا بزيادة قيمة الكيلو فولت أمبير المقتن للمولد، وعلي الرغم بأنه قد يكون من الممكن تحقيق ذلك عن طريق رفع قيمة تيار مجال الإثارة field current داخل المولد إلا أن ذلك قد يكون له تأثير ضار علي المجال

وربما لا يمكن تحقيقه أصلا في ملفات مجال المولد ويصبح حل هذه المشكلة محصورا في أمرين - إما الاستعانة بمولد أخر وهذا مرتفع التكلفة وإما بتحسين معامل قدرة الحمل عن طريق تركيب مكثف معه علي التوازي حيث يقوم هذا المكثف بتعويض النقص في القدرة الردية المطلوبة للحمل والتي لم يستطيع المولد الوفاء بها.

ثانيا: في الحالات التي يرتفع فيها معامل قدرة الحمل عن معامل قدرة المولد يصبح بإمكان المولد أن يغذي حملا قدرته الفعالة اكبر من القدرة الفعالة المقننة لهذا المولد، بالرغم من أن هذا ممكن إلا أن لا ينصح باللجوء إلية دون دراسة مسبقة. إن ذلك يرجع إلي أن أي زيادة في خرج القدرة الفعالة من المولد يجب أن يصاحبها زيادة مماثلة في قدرة المحرك الابتدائي، ونظرا لأن القدرة المقننة للمحرك الابتدائي تكون عادة متوافقة مع القدرة الفعالة المقننة لخرج المولد فأن تجاوز القدرة الفعالة للمولد يصاحبه عادة تجاوز مماثل في القدرة المقننة للمحرك الابتدائي والتي لا تزيد عادة عن 10%. كما يوجد بعضا من النقاط الهامة الأخرى والخاصة بتأثير معامل قدرة المولد علي أدائه في المنظومات الصناعية مثل المصانع بكافة مستوياتها والمدارس الفنية والصناعية حيث الورش التدريبية للطلاب:

1. يتم التحكم في قيمة معامل قدرة المولد عن طريق التحكم في مجال إثارة هذا المولد ويمكن بذلك الحصول علي معامل قدرة متأخر أو متقدم أو معامل يساوي الواحد الصحيح.

2. كلما انخفض معامل القدرة المتأخر كلما زاد تنظيم جهد المولد مما يعني أن انخفاض معامل القدرة المتأخر للمولد قد لا يسمح بإمكانية تشغيل المولد علي الجهد الطرفي terminal voltage المقنن له حتى عند الأحمال الصغيرة نسبيا.

3. يؤدي معامل القدرة المتقدم إلي رفع الجهد الطرفي للمولد مما يتسبب في إتلاف العزل وتعطيل الأجهزة الحساسة أو اتلاف دوائرها نتيجة لارتفاعات الجهد سواء العادي أو الفجائي.

4. تعمل المولدات علي معامل قدرة متأخر يتراوح بين 0.90 و 0.95 وفي تلك الحالات يلزم تحسين معامل قدرة الأحمال الموصلة علي المولد إلي نفس قيمة معامل قدرة المولد نفسه.

5. تتميز المنشآت الصناعية الضخمة التي تحتوي علي أحمل كهربية تعمل بصورة متصلة بوجود محطة توليد خاصة تعمل علي التوازي مع شبكة التغذية العامة. من الأفضل في مثل هذه الحالات أن تعمل المولدات الخاصة علي مقتن الحمل الكامل لها بمجال إثارة مرتفع وذلك بهدف توليد أكبر كمية قدرة غير فعالة ممكنة مما يؤدي بدوره إلي رفع معامل القدرة الكلي لأحمال المنشأة الصناعية المطلوب تغذيتها بواسطة الشبكة العامة وهذا يعفي المنشأة الصناعية من غرامة انخفاض معامل قدرة الطاقة المسحوبة من الشبكة العامة أو قد يعطي وفرا في تكلفة الطاقة إذا ما تم تحسين معامل القدرة فوق المستويات المحددة من هذه الشركات.

ثالثا: محطات التوليد الاحتياطية Standby Stations

تستعمل المولدات الاحتياطية standby generators في إمداد الطاقة الضرورية في حالات انقطاع التغذية من الشبكة العامة فقط وهي بذلك لا تعمل بصفة مستمرة ويصبح من الأنسب في مثل هذه الحالات تحسين معامل القدرة للأحمال بطريقة مباشرة مع مراعاة ضرورة فصل مكثفات تحسين معامل قدرة

شكل 1- 18 : القدرة غير الفعالة اللازمة للتحسين

الأحمال بمجرد انقطاع مصدر التغذية العامة.

جدول (1-13) : القدرة غير الفعالة لمحولات التوزيع (ف. أ. ر.)

ك. ف. أ.	لا حمل 6-17 ك. ف.	حمل كامل 6-17 ك. ف.	لا حمل 24 ك. ف.	حمل كامل 24 ك. ف.	لا حمل 36 ك. ف.	حمل كامل 36 ك. ف.
16	1080	1360	-	-	-	-
25	1500	2130	1740	2470	1950	2980
40	2020	3170	2320	3680	2520	3880
63	2500	4460	3020	5300	3480	5760
80	2700	5340	3560	6540	4280	7260
100	3600	6920	4160	7960	5080	8880
125	4500	8760	5000	9860	6140	11000
160	500	10580	6050	12390	7500	13840
200	6300	13550	7160	15160	8900	16900
250	7800	16950	8620	18970	10700	21050
315	10000	21700	10300	23800	12600	26100
400	10800	25700	13200	30000	15200	32000
500	13500	32300	15800	36800	18000	39000
630	17000	40700	18800	43600	21200	46000

يجب التأكيد علي ضمان عدم السماح بتوصيل المولد الخاص علي حمل سعوي خالص بمقنن يزيد عن 30% تقريبا من مقنن الكيلو فولت أمبير لهذا المولد، ويمكن تحقيق ذلك بطرق مختلفة نذكر منها الاستعانة بمرحلات تعمل علي فقد الجهد أو باستخدام طرق التواشج interlock اليدوي أو الآلي حسب ظروف المنشأة ومن الطبيعي يمكن الاستغناء عن مكثفات تحسين معامل القدرة أثناء الاعتماد علي المولد الاحتياطي إذا كان هذا المولد قادرا علي تلبية طلب الأحمال من القدرة غير الفعالة دون تجاوز القدرة الكلية.

رابعا: المحولات Transformers

تمثل المحولات مصدرا هاما من مصادر استهلاك القدرة غير الفعالة في جميع المنظومات الصناعية وهي بذلك تساهم في خفض معامل القدرة الكلي للمنظومة نتيجة الدائرة المغناطيسية ويحدث ذلك بمجرد توصيل الملف الابتدائي علي الشبكة سواء كان المحول محملا من جانبه الثانوي أو بلا حمل فيسحب المحول تيارا (المغنطة) من الشبكة والذي يمر في الملف الابتدائي للمحول فقط حيث يكون الملف الثانوي مفتوحا ويتصرف المحول كمفاعل reactor موصلا علي الشبكة بمحاثة ذاتية Self Inductance عالية القيمة ويسحب تيارا 0.15 مما يؤكد علي أهمية القدرة غير الفعالة للمحولات التي تعمل عند اللاحمل وتقدر بحوالي 1– 12 % من المقنن الكلي كما يدرجه الجدول التالي جدول (1-13).

يتميز المحول بمقننين كهربيين هما القدرة الفعالة (ك. و.) والقدرة الكلية بالكيلو فولت أمبير وعند ثبات الجهد فأن مقنن الكيلو فولت أمبير يحدد قيمة التيار المقنن داخل ملفات المحول سواء على الجانب الابتدائي أو الثانوي، وعلى ذلك فان تجاوز مقنن الكيلو فولت أمبير للمحول يؤدى الى تجاوز مقنن تيار الحمل الكامل مما يتسبب في رفع درجة حرارة المحول، ومن ثم تصبح القدرة الكلية الأهم بالنسبة له أما مقنن الكيلو وات يعتمد علي معامل القدرة ولا يمثل أهمية كبيرة بالنسبة لمواصفات المحول. عند توصيل حمل على الجانب الثانوي للمحول فانه يسحب تيارا من الشبكة حيث يمر هذا التيار في كل الجانب الابتدائي

قدرة فعالة (%)

معامل قدرة

شكل 1- 19 : التأثير علي قدرة المحول

والجانب الثانوي للمحول، ونظرا لارتفاع قيمة مفاعلة المحول نسبيا فان مرور هذا التيار يتطلب قدرة ردية من الشبكة تعتمد قيمتها على قيمة التيار المسحوب ولهذا نجد أن القدرة التي يتطلبها المحول من الشبكة تعتمد على:

1- القدرة غير الفعالة (شكل 1- 18) اللازمة لمغنطة قلب المحول التي لا تتغير مع حالة تحميل المحول.

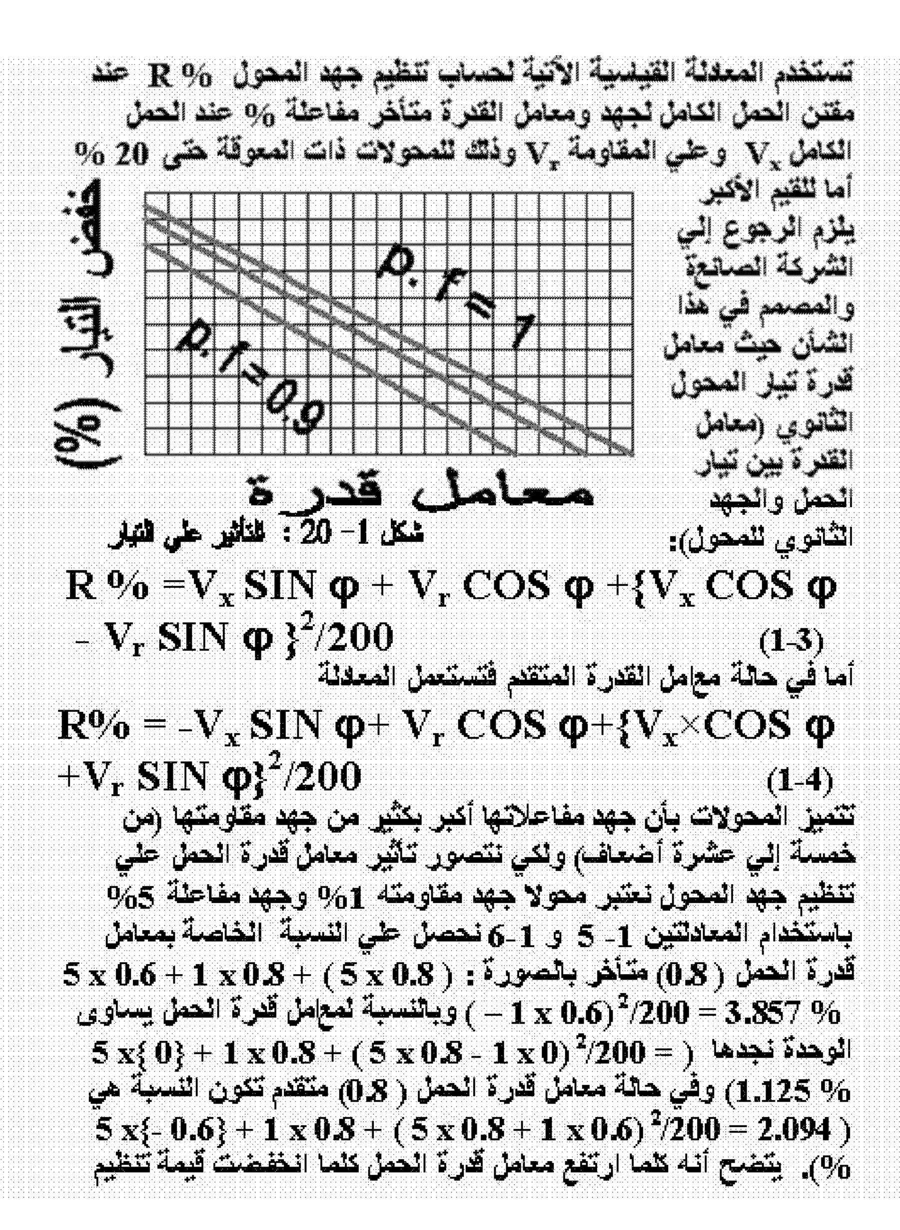
2- قيمة تيار الحمل المراد تغذيته الذي يعتمد على كل من القدرة الفعالة للحمل ومعامل قدرته فمثلا عند تغذية حمل قدرته الفعالة **P** على معامل قدرته **P. F.** وجهد **V** فإن التيار المسحوب هو

$$I_1 = P / \{ (3)^{½} V \ COS \varphi_1 \} \qquad (1\text{-}2)$$

لذلك كلما ارتفعت قيمة معامل قدرة الحمل كلما انخفض التيار لنفس قيمة القدرة الفعالة وينتج عن ذلك إمكانية تحميل المحول بحمل اكبر فعند تحسين معامل القدرة من 0.7 إلى 0.9 مثلا يؤدى إلى خفض قيمة التيار حوالي 28% وذلك لنفس القدرة الفعالة. يبين الشكل 1- 19 تأثير معامل تأثير معامل قدرة الحمل المتأخر على استطاعة المحول لتحمل القدرة الفعالة (ك. و) لنفس القدرة الكلية (ك. ف. أ.) بينما يجدول الجدول 1 – 14 الزيادة المتاحة في القدرة الفعالة % من قدرة المحول المقننة وذلك عند رفع معامل القدرة إلى 0.86

جدول (1-14) زيادة قدرة المحول بتحسين معامل القدرة إلى (0.86)

معامل القدرة الابتدائي	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
الزيادة المتاحة في القدرة %	65	53	42	30	18	7



تستخدم المعادلة القياسية الآتية لحساب تنظيم جهد المحول R % عند مقنن الحمل الكامل لجهد ومعامل القدرة متأخر مفاعلة % عند الحمل الكامل V_x وعلي المقاومة V_r وذلك للمحولات ذات المعوقة حتى 20 % أما للقيم الأكبر يلزم الرجوع إلي الشركة الصانعة والمصمم في هذا الشأن حيث معامل قدرة تيار المحول الثانوي (معامل القدرة بين تيار الحمل والجهد الثانوي للمحول):

شكل 1- 20 : التأثير علي التيار

$$R\% = V_x \, SIN\, \varphi + V_r \, COS\, \varphi + \{V_x \, COS\, \varphi - V_r \, SIN\, \varphi\}^2/200 \qquad (1\text{-}3)$$

أما في حالة معامل القدرة المتقدم فتستعمل المعادلة

$$R\% = -V_x \, SIN\, \varphi + V_r \, COS\, \varphi + \{V_x \times COS\, \varphi + V_r \, SIN\, \varphi\}^2/200 \qquad (1\text{-}4)$$

تتميز المحولات بأن جهد مفاعلاتها أكبر بكثير من جهد مقاومتها (من خمسة إلي عشرة أضعاف) ولكي نتصور تأثير معامل قدرة الحمل علي تنظيم جهد المحول نعتبر محولا جهد مقاومته 1% وجهد مفاعلة 5% باستخدام المعادلتين 1- 5 و 1-6 نحصل علي النسبة الخاصة بمعامل قدرة الحمل (0.8) متأخر بالصورة : ($5 \times 0.6 + 1 \times 0.8 + (5 \times 0.8 - 1 \times 0.6)^2/200 = 3.857\ \%$) وبالنسبة لمعامل قدرة الحمل يساوى الوحدة نجدها ($5 \times \{0\} + 1 \times 0.8 + (5 \times 0.8 - 1 \times 0)^2/200 = 1.125\ \%$) وفي حالة معامل قدرة الحمل (0.8) متقدم تكون النسبة هي ($5 \times \{-0.6\} + 1 \times 0.8 + (5 \times 0.8 + 1 \times 0.6)^2/200 = 2.094\ \%$). يتضح أنه كلما ارتفع معامل قدرة الحمل كلما انخفضت قيمة تنظيم

جهد المحول، كما أن معامل قدرة الحمل المتقدم قد يؤدي إلي تنظيم جهد سالب علي المحول مما يسبب ظهور حالات شاذة من التشغيل مثل الإثارة الزائدة التي تتسبب في الموجات التوافقية بالإضافة إلي احتمال تلف المواد العازلة للمحول والأجهزة والأحمال نتيجة للارتفاعات الزائدة في جهد الجانب الثانوي للمحول الناشئ عن تنظيم الجهد السالب.

يتم تعويض القدرة غير الفعالة للمحول بهدف تحسين معامل القدرة عن طريق توصيل مكثف علي أطراف الملف الثانوي للمحول مباشرة حيث يمكن استخدام مكثفات الدلتا أو النجمة لتحسين معامل القدرة وهو ما يتم حسابه بالصيغة التقريبية: ($Q_c = S_t Z/ 200$) وهي تعتمد علي أساس إهمال معوقة شبكة تغذية المحول علي الجانب الابتدائي، ومع ذلك فيمكن الاعتماد علي دقة هذه المعادلة إذا كان منسوب قصر الشبكة اكبر من مائة مرة من مقنن قدرة المحول بالكيلو فولت أمبير أما إذا قل منسوب القصرعن ذلك فيجب إضافة معوقة الشبكة إلي معوقة المحول، ويظهر تأثير ذلك علي قيمة التيار الناتج بعد تحسين معامل القدرة كما في الشكل رقم **1- 20**. إن عملية اختيار مقنن المكثف المناسب وتوصيله علي المحول تخضع لاعتبارات هامة خاصة بالشبكة ذاتها من هذه الاعتبارات ما يلي:

1- احتمال حدوث ارتفاع في الجهد عند أطراف المحول فينشأ عن مجالا مغناطيسيا زائدا في قلبه مما يتسبب في ظهور موجات توافقية في تيار المحول فيزيد من احتمال حدوث الرنين **resonance** في الشبكة علي إحدى هذه الموجات التوافقية.

2- قد يتسبب توصيل المكثف علي أطراف المحول مباشرة في حدوث تجاوزات خطيرة في قيمة جهد أطراف المحول مع الحالات التي يكون فيها كل من المكثف والمحول موصلين معا علي محركات تأثيرية **induction motors** . أن ذلك يحدث عندما يتم فصل الدائرة عن مصدر التغذية بينما تكون تلك المحركات ما زالت عاملة.

3- يتم اختيار المكثف المناسب للمحول بحيث تتراوح قيمة أقصى مقنن له بين **40** و **60**% من مقنن المحول ويمكن الاستعانة بالجدول (**1-15**) في هذا الشأن.

4- إن التوصيل الدائم للمكثف علي أطراف الجانب الثانوي للمحول يؤدي إلي رفع الجهد للأحمال وجهد الحمل الكامل علي جانبي المحول، ولكنة لا يؤثر علي تنظيم جهد المحول نفسه حيث يتأثر تنظيم الجهد بالمكثفات المتصلة علي الأحمال التي يتم توصيلها وفصلها مع توصيل وفصل تلك الأحمال. يمكن استعمال المعادلة لتعيين قيمة تقريبية للارتفاع الجهد نتيجة لتركيب مكثف علي أطراف الملف الثانوي:

جدول (1-15) بمقننات المكثفات للتوصيل المباشر على المحولات عند الجهود من 5 إلي 30 ك. ف.

مقنن المحول (ك.ف.أ)	مقنن المكثف (ك.فار)، بجهد (ك.ف)			مقنن المحول (ك.ف.أ)	مقنن المكثف (ك.فار)، عند جهد (ك.ف)		
	25/ 30	15/ 20	5/ 10		25/ 30	15/ 20	5/ 10
25	2	2.5	3	200	10	12	20
40	3	4	5	250	15	18	22
50	4	5	6	315	18	20	25
63	5	6	7	400	20	22	28
75	5	6	7	500	20	25	30
80	6	7	8	630	30	32	40
100	6	8	10	750	30	35	45
125	7	8	10	1000	45	50	55
160	10	12	15				

$$dV\ \% = Q_c Z / S_t \qquad (1\text{-}5)$$

حيث dV % هي النسبة المئوية للارتفاع الجهد عند الحمل الكامل للمحول.

خامسا: الخطوط Lines & Cables

قدمنا في البند السابق دراسة لتأثير معامل القدرة علي شبكات التوزيع منخفضة الجهد 380 / 220 ف. بصفة عامة سواء كانت صناعية أو في الورش العامة أو الخاصة أو تلك المدرسية حيث تتميز تلك الشبكات بصغر حجمها الجغرافي بالنسبة لخطوط النقل. كما تتركز الشبكة الصناعية داخل حدود المشاة وتتكون عادة من كابلات كثيرة ذات أطوال قصيرة نسبيا وعلي ذلك فأن دراسة تأثير معامل القدرة علي تصميم وأداء كل كبل علي حدة يكون غير عملي هكذا يصبح من الأنسب دراسة تأثير معامل القدرة الإجمالي للشبكة والذي يتحدد عادة بمعاملات القدرة والأحمال الصناعية التي تغذيها تلك الشبكة، علاوة علي ذلك فأن الكابلات لا تعتبر مصدرا هاما من مصادر استهلاك القدرة غير الفعالة حيث أن محاثة الكابلات منخفضة جدا بصفة عامة (حدود 0.3 ميكرو هنري لكل متر)، وعلي العكس من ذلك فأن ارتفاع القيمة النسبية للمفاعلة السعوية للكابلات بصفة عامة يجعلها مصدرا من مصادر تعويض القدرة غير الفعالة - ومن ثم تحسين معامل القدرة - في الشبكات الصناعية أو في الورش الصناعية أو الجامعات وكليات الهندسة وتلك المدرسية.

تصميم خطوط النقل الهوائية يعتمد في المقام الأول علي التيارات المارة في تلك الخطوط، ويبدو ذلك واضحا في خطوط الجهد المنخفض حيث تكون درجة حرارة الموصل هي المعامل الحاسم في التصميم، أما في خطوط النقل ذات الجهد العالي والفائق فتوجد عوامل أخري أكثر أهمية في التصميم كتيارات القصر وغيرها كما تتميز خطوط النقل الهوائية بأن لها مفاعلة حثيه عالية نسبيا (0.3 - 0.5 أوم/ كم مربع / طور)، وعلي ذلك فإنها تعتبر قيمة التيار المار في الخط تبعا للعلاقة:

$$Q = I^2 X \qquad (1-6)$$

حيث [x] هي المفاعلة الحثية للخط (أوم) و [I] مقدار التيار المار فيه (أمبير) و [Q] القدرة غير الفعالة بالفار لكل طور. بفرض أن التيار المار في الخط [I] له مركبتان متطورة IN- PHASE مع الجهد متأخرة عنة بزاوية 90° فأن

$$I = \{ I_p^2 + I_q^2 \}^{1/2} \qquad (1-7)$$

يمكن خفض قيمة التيار I بخفض قيمة مركبة باستعمال مصدر للقدرة غير الفعالة يرفع معامل قدرة تيار الخط ينتج عن ذلك إمكانية زيادة تحميل الخط وجميع الأجهزة الأخرى مما يجعل في الإمكان تأجيل إضافة خطوط أخرى أو تعديلات لمدة مستقبلية ويظهر تأثير معامل القدرة علي النسبة المئوية لخفض تيار الخط المغذي للقدرة وذلك برفع معامل القدرة الأصلي إلي المعامل الجديد كما تؤدي عمليات نقل وتوزيع القدرة غير الفعالة إلي ظهور نوعين من الفاقد هما: (الفاقد في قدرة فعالة خلال المقاومات - الفاقد في قدرة غير الفعالة خلال المفاعلات) وهو ما نتناوله الآن

5-1: الفاقد في القدرة Power Loss

يمثل الفاقد في القدرة أهم المحاور التي تدخل في عناصر التقدير من أجل رفع معامل القدرة وما يعكسه ذلك علي الجذب الاقتصادي وتكلفة التشغيل مما يلزم معه العرض التالي من عناصر الفقد.

أولا: الفاقد في القدرة الفعالة Active Loss

يتحول الفاقد في القدرة الفعالة داخل المقاومات إلي طاقة حرارية تتسبب في رفع درجة حرارة الآلات والأجهزة وخطوط النقل وتقاس تلك الفاقد بالكيلو وات حيث تتحول إلي طاقة حرارية بمرور الزمن تقاس بالكيلو وات ساعة، حيث يلزم دفع ثمن تكاليف الطاقة المفقودة, يمكن حساب الفاقد في القدرة الفعالة Pa نتيجة التيار الكلى I ذات المركبة الفعالة Ip وغير الفعالة Iq (الأمبير) في منظومة ثلاثية الأطوار لها مقاومة R كما يأتي

$$P_a = 3\,I^2\,R = 3\,(\,I_p^2 + I_q^2)\,R \qquad (1\text{-}8)$$

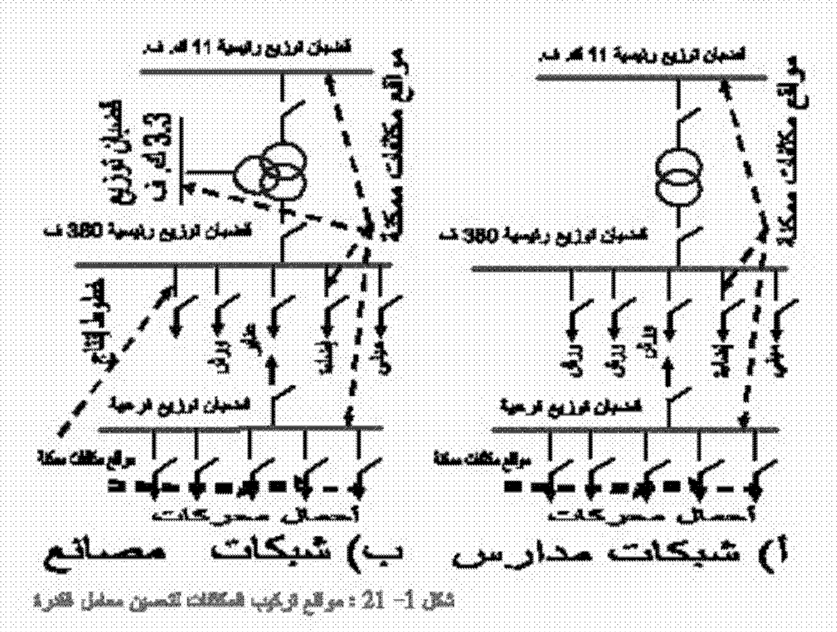
يتضح من المعادلة أن مقدار الفاقد في القدرة الفعالة بسبب المركبة غير الفعالة للتيار لا يعتمد علي مقدار القدرة الفعالة المنقولة التي تتحدد بقيمة[Ip] فقط. وعلي ذلك فأن انخفاض معامل قدرة التيار الكلي يناظره ارتفاع نسبي فى قيمة [Iq] وذلك لنفس قيمة القدرة الفعالة مما يؤدي بالضرورة إلي زيادة الفاقد في النقل. كما يمكن حساب مقاومة موصل الكابل R بطول L متر بمقطع A مم 2 في حالة عدم توافر بيانات عنها باستعمال العلاقة التقريبية الآتية بصورة مقبولة:

$$R = k \; L / A \qquad (1\text{-}9)$$

المعامل k ثابت القيمة تبعا لنوعية القلب (للكابلات النحاسية k= 0.02 ولكابلات الألمنيوم k= 0.033)، أما للمحولات فيمكن حساب مقاومة المحول [R] بدلالة مقاومة المحول وجهد التخزين المحسوبة عليها المقاومة V بالفولت والقدرة المقننة للمحول بالفولت أمبير N S استعمال العلاقة:

$$R = r_k \, V^2 / S_n \quad , \quad r_k = P_k / S_n \qquad (1\text{-}10)$$

حيث مقاومة قصر الدائرة r_k (تسمي أحيانا جهد مقاومة المحول) بناء علي القدرة الفعالة بالوات والمستهلكة بواسطة المحول عندما يمر تيار المحول المقتن في أحد الملفين بينما الملف الأخر يكون مقصورا أو يتم الحصول علي قيمة القدرة $[P_k]$ من بيانات لوحة مقننات المحول عادة أو من الجداول القياسية وبذلك تعطى العلاقة السابقة قيمة مقاومة القصر.



شكل 1- 21 : مواقع تركيب المكثفات لتحسين معامل القدرة

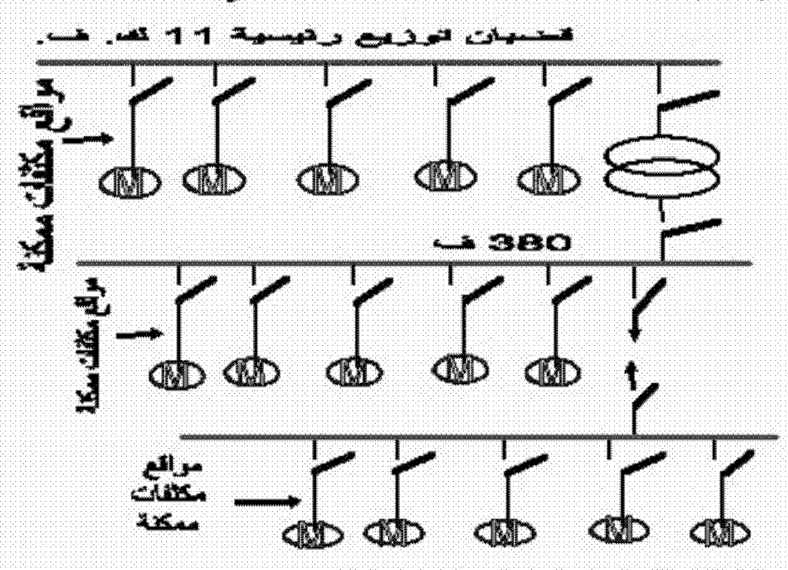
ثانيا : الفاقد في القدرة غير الفعالـة Reactive Loss

يمكن دراسة الفاقد في القدرة غير الفعالة Q بطريقة مستقلة عن الفاقد في القدرة الفعالة بدلالة التيار I كمركبة عمودية علي الجهد في وجود مفاعلة X أوم وبنفس الطريقة ولا يعتمد الفاقد علي قيمة القدرة الفعالة المنقولة وتعطي المعادلة الآتية الفاقد في القدرة غير الفعالة Q في منظومة ثلاثية الأطوار.

$$Q = 3\, I_p^2\, X \qquad (1\text{-}11)$$

يمكن حساب مفاعلات الكبلات بمعلومية محاثاتها L ومفاعلته بالأوم / كم عند التردد f وذلك باستخدام العلاقة

$$X = 2\,\pi f\, L \qquad (1\text{-}12)$$

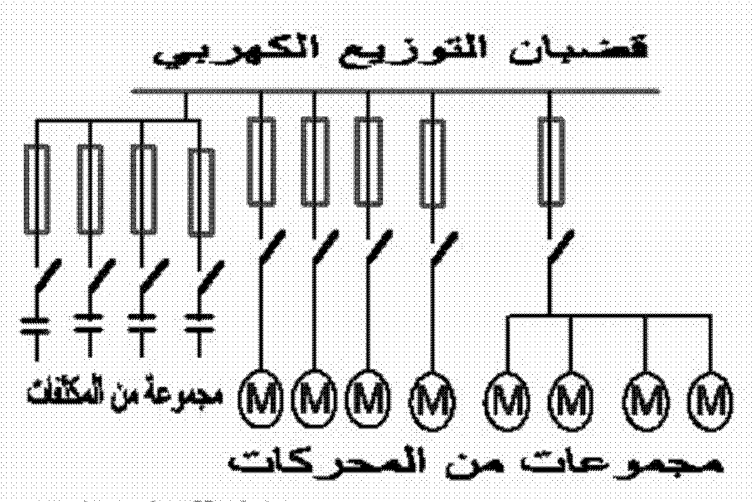


شكل 1-22: مواقع تركيب الفرعي المكثفات لتحسين معامل القدرة لكل كحرك علي حدة

يتبع هذا وضع موقع تركيب مصدر القدرة غير الفعالة علي خصائص التشغيل في الدراسة كي تكتمل الرؤية لهذا الجانب من الموضوع، ومن ثم فان تركيب مصدر للقدرة غير الفعالة بهدف تحسين معامل القدرة ينتج عن خفض سريان تلك القدرة في المنظومة الكهربية. انطلاقا من هذه القاعدة فإنه من الطبيعي أن نحصل علي أفضل مكسب عند وضع مصدر القدرة غير الفعالة بالقرب من الحمل المراد تحسين معامل قدرته بقدر الإمكان كما نري في الشكل 1- 21 ومع ذلك فتوجد حالات وظروف تجعل القاعدة غير مناسبة مثل:

1- حدوث رنين مصحوب بتجاوز كبير للتيار وتحدث ظاهرة الرنين علاة بسبب وجود الموجات التوافقية للتيار، لذلك فإن وجود المكثفات علي دوائر الجهد المنخفض بجانب الحمل مباشرة غير عملي.

2- كثرة عدد الأحمال مع اختلاف مقنناتها مما يتطلب استعمال أحجام وأنوع مختلفة من المكثفات والذي يؤدي بدوره إلي رفع أسعار

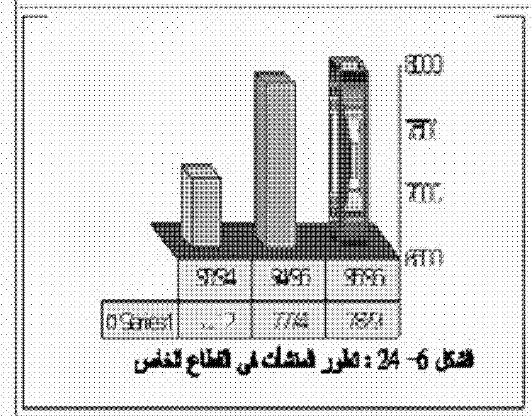


شكل 1- 23 : التحسين المركزي

3- حدوث بعض الظواهر الضارة مثل تجاوز الجهد و التيارات المرتفعة العالية في المحركات.
هناك حالات كثيرة من التشغيل نجد فيها أن من الأفضل تجميع المكثفات بحيث يتم عزلها عن مصادر الموجات التوافقية للتيار وذلك لتجنب الظواهر غير المرغوب فيها، يتم توصيل المكثفات علي التوازي بإحدى الطرق المبينة بالشكل وذلك علي النحو التالي:
1- توصيل محلي لتحسين معامل القدرة لكل جهاز أو آله بطريقة منفردة حيث يتم توصيل المكثف علي التوازي مع المغذيات الصغيرة أو علي الدوائر الفرعية للمحركات أو يتم التوصيل مباشرة علي المحرك أو الحمل أو مجموعة الأحمال الصغيرة ويتم فتح وقفل تلك المكثفات مع المحرك بحيث يكون أقرب ما يمكن للحمل وذلك للحصول علي أكبر فائدة ممكنة (شكل 1- 22).
عند استخدام التحسين الفردي عن طريق التوصيل المحلي نحتاج عادة إلي أحجام وأنواع مختلفة من المكثفات ومع هذا فتوجد بعض الحالات أفضل، ففي حالة وجود مغذيات طويلة تصل بها أحمال في نهايتها فأن تحسين معامل القدرة علي الحمل مباشرة يؤدي إلي خفض التيار المار بالمغذي مما يؤدي بدورة إلي إمكانية كبلات أقل حجما بالإضافة إلي خفض الفاقد في النقل. كما يتم تحديد سعر المكثف علي أساس سعر الكيلو فار الواحد من مقنن المكثف فعلي سبيل المثال إذا كان سعر المكثف 50 كيلو فلو هو 100 وحدة نقدية فإن سعر الكيلو فار من هذا المكثف يساوي 2 ومع ذلك فإن تلك الميزة لمكثفات الجهد المتوسط غير مؤثرة بسب ارتفاع أسعار أجهزة الحماية والتحكم لمكثفات الجهد المتوسط تبعا للمواصفات.
2- توصيل تجميعي Group correction تعرف هذه الطريقة أيضا باسم التوصيل المركزي centralized correction ويتم تركيب المكثف علي قضبان التوزيع التي تغذي مجموعة من الأحمال (الشكل 1- 23)، أو علي مصدر التغذية الرئيسي سواء علي جانب الجهد العالي او المنخفض من المحول، ويفضل هذا في الحالات الآتية:
أ) ضرورة عزل المكثف عن مصادر الموجات التوافقية

ب) يكون عدد الأحمال والمحركات كبيرة وضخمة بحيث يصعب عمليا تحسين كل حمل علي حدة وخاصة إذا كانت تلك المحركات تعمل علي جهد منخفض.

ج) طبيعة التغيرات الكبيرة في أحمال المغذيات المختلفة نتيجة للتغيرات الحادثة في دورة الحمل load cycle تبعا لعمليات الإنتاج المختلفة



الشكل 6- 24 : تطور المنشآت في القطاع الخاص

نلاحظ من الشكل أن المحول الرئيسي لا يستفيد من تحسين معامل القدرة الذي يحققه المكثف ولا يتحقق للمحول أي إراحة لتحميل الكيلو فولت أمبير بينما تركيبه جهة الجهد المنخفض للمحول قد يخفض من مقدار تيار المحول في كل من الملف الابتدائي والثانوي فيسمح بزيادة تحميلة، وهذا هو السبب الفني الرئيسي لتفضيل تركيب المكثفات جهة الجهد المنخفض بصرف النظر التكلفة.

يحدث في بعض الشبكات الصناعية والورش أحيانا أن يتكرر تغير سريان التيار بصورة واضحة من مركز التوزيع الرئيسي إلي المواقع المختلفة في الشبكة وكذلك إلي الأحمال الفردية، ويفضل في مثل تلك الحالات اختيار موقع مكثف التحسين التجميعي بحيث يكون في المركز الكهربي للأحمال بقدر الإمكان، أي علي نفس البعد تقريبا من جميع الأحمال الفردية. إن ذلك يساعد في عملية فصل أجزاء من المكثفات الموجود في مثل تلك الحالات لتحسين معامل القدرة في جزء محدود من الشبكة أولا ثم باقي الشبكة.

تغذي المكثفات الدائمة الشبكة بكمية من القدرة غير الفعالة بصفة دائمة أما المكثفات المتحكم فيها ذاتيا فإنها تزود بمنظم متحكم في القدرة غير

الفعالة بحيث يعمل فصل أو توصيل القدرة غير الفعالة علي خطوات في حدود [100-50] كيلو فار للخطوة الواحدة، وتوجد أنواع مختلفة من أجهزة التحكم المستعملة في مجالات الصناعة حساسة لأحد كميات تشغيل الشبكة (الجهد - التيار - الكيلو فار ....). كما توجد بعض الأنواع التي تعمل تبعا لخطة زمنية محددة يتم وضعها تبعا لتغير دورة الحمل أثناء اليوم ويلزم اختيار الطريقة الأنسب لظروف التشغيل.

إن اللجوء إلي التحسين المركزي يصبح مفيدا عند وجود أعدادا كبيرة من الأحمال أو عندما تكون دورة الحمل حادة التغيرات بحيث يلزم فصل المكثفات أو توصيلها تبعا لقيمة الحمل. أن اختيار الطريقة المناسبة التي يتم بها توصيل المكثف يجب أن تتم بعد دراسة دقيقة لظروف التشغيل ويجب علي وجه الخصوص وضع العوامل الآتية في الاعتبار:

1- اقتصاديات الشراء والتركيب

2- طبيعة الأحمال وأجهزة الخدمة (محركات - أفران - محولات ...)

3- شروط وخطة التشغيل ، كأن تعمل مجموعة من الأحمال مثلا في نفس الوقت أو أن توصل مجموعة من الأحمال المعينة علي قضيب توزيع واحد أو غير ذلك.

4- تجنب ظواهر معينة كالرنين والموجات التوافقية وارتفاعات الجهد العابرة والمستقرة.

5- شروط عقد توريد الطاقة الكهربية بين المستهلك وشركة الكهرباء المسئولة عن التغذية الكهربية، فتكون طريقة حساب الطاقة مشجعة علي اللجوء إلي طريقة بذاتها من طرق تحسين معامل القدرة.

6-1: إحصائيات عن الإنتاج الصناعي Statistical

الإستهلاك الكهربي في المنشآت الصناعية ما هو إلا تعبيرا واضحا عن الآنتاج الصناعي الفعلي ومن ثم يهمنا بالدرجة الأولي زيادة الفائض من الطاقة المتاحة سواء بالشبكة القومية الموحدة أو من خلال الشبكات الخاصة بكل مصنع مما يرفع من قابلية وسرعة التنمية الصناعية في مصر ويقدم الشكل رقم 6-24 الرسم البياني للزيادة في هذه المنشآت منذ عام

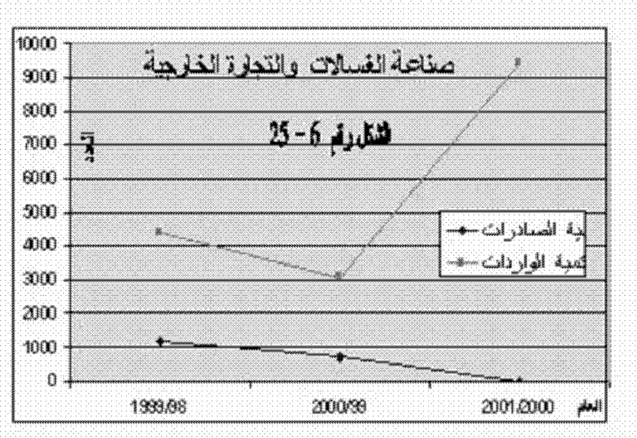
1993 وحتى 1996 ، بناء علي ما تم نشره رسميا بجهات الإحصاء الحكومية بمصر، آوذلك توضيحا لأهمية هذا القطاع في رفع معدلات النمو بالوطن وقد عرض أيضا الشكل رقم 6- 25 مدى تطور أعمال تصنيع الغسالات العادية وعلاقتها المباشرة مع التجارة الخارجية وهو ما أظهر أن الصادرات المصرية من الغسالات العدية قد إنخفض بشدة نتيجة للزيادة المضطردة والسريعة في إستيرادها.

الجدول رقم 1-16: المخزون لأنواع الغسالات بمصر 98 / 2001 في أول وآخر المدة (بالعدد)

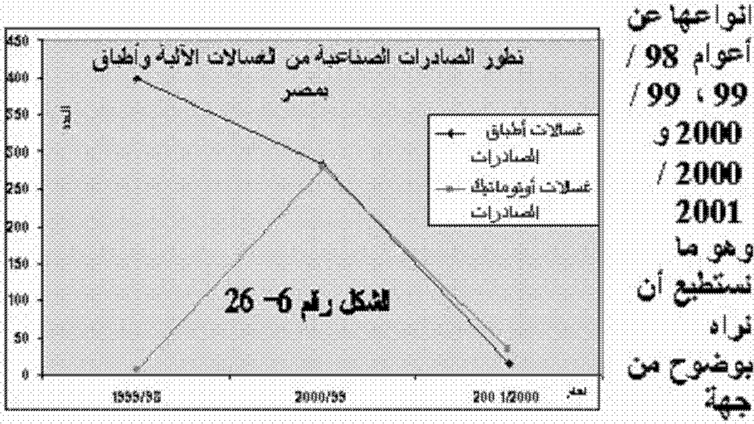
السلعة	السنة	قطاع عام		قطاع خاص	
		أول المدة	أخر المدة	أول المدة	أخر المدة
غسالات عادية	98 / 1999	11963	3730	17727	3409
	99/2000	3730	3416	3409	1891
	2000 /2001	3416	3176	1891	5074
غسالات أطفال	98/1999	3184	229	6875	326
	99/2000	229	165	326	235
	2000 /2001	165	33	235	
غسالات اوتوماتيك ½ آلي	98/1999	11098	5034	3319	4728
	99/2000	5034	5516	4728	9533
	2000 /2001	5516	2641	9533	8815
غسالات أطباق	98/1999	-	-	287	195
	99/2000	-	-	195	147
	2000 /2001	-	-	147	49

إن هذا دليلا علي القصور في أعمل التطوير مما أوقف التصدير بينما في الخارج تطون أعمالهم وأنتاجهم معتمدا أساسا علي التطوير المستمر مما يشجع المستهلك المصري علي الإقبال علي السعة الأجنبية وفي نفس الوقت يحجم عن السلعة المصرية وبالرغم من توفير الطاقة الكهربية

اللازمة . لمزيد من التأكيد علي هذه النتائج فقد ورد في الشكل رقم 6- 26 تطور الصادرات في مصر من القطاع الخاص في الفترة الزمنية ذاتها ولكن لتلك الغسالات الأوتوماتيكية وغسالات الأطباق وهو ما يشير إلي



التأكيد الكامل لظهور الهبوط الحاد في تصدير الغسالات الحديثة نتيجة لعدم التعامل مع ميزان التطوير المستمر للصناعة بجانب العوامل الأخرى المتداخلة مع هذا العامل .من الجهة الأخرى نجد أن الجدول رقم 1-16 يجدول كميات المخزون من الانتاج العام لصناعة الغسالات على اختلاف انواعها عن أعوام 98 / 99 ، 99 / 2000 و 2000 / 2001 وهو ما نستطيع أن نراه بوضوح من جهة



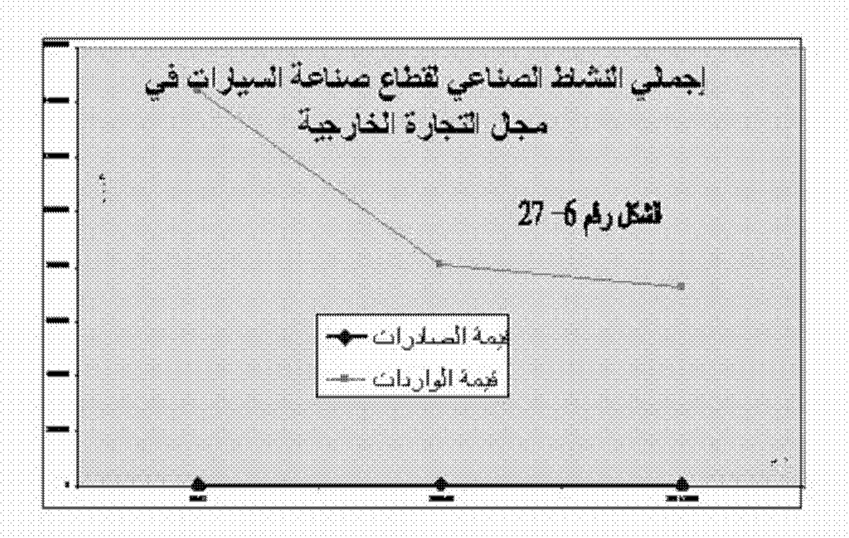
القفض من الإنتاج المصري علي مستويي القطاع العام والخاص .

يأتي الجدول رقم 1-17 بكميات وقيمة الطاقة الانتاجية المتاحة لصناعة السيارات للاعوام 98/99 - 99/ 2000 - 2000/ 2001 .

الجدول رقم 1-17: الطاقة الانتاجية المتاحة لصناعة السيارات للاعوام 98/99 - 99/ 2000 - 2000/ 2001 (الكميات بالعدد)

صنف	السنة	قطاع خاص	قطاع أعمال عام	الاجمالى
أتوبيس مينى/ ميكرو باص	1998 /1999	2467	1430	3897
	1999 /2000	2292	510	2802
	2000 /2001	986	-	986
لورى نصف نقل ونقل	1998 /1999	26788	3000	29788
	1999 /2000	25492	342	25834
	2000 /2001	14680	-	14680
مقطورة	1998 /1999	2591	370	2961
	1999 /2000	4943	375	5318
	2000 /2001	3433	-	3433
سيارة ركوب	1998 /1999	24222	17729	41951
	1999 /2000	25391	4863	30254
	2000 /2001	16843	13500	30343
سيارة أطفاء حريق	1998 /1999	47	40	87
	1999 /2000	78	40	118
	2000 /2001	45	-	45
سيارة أسعاف	1998 /1999	254	-	254
	1999 /2000	24	-	24
	2000 /2001	1	-	1
اجمالى	1998 /1999			
	1999 /2000			
	2000 /2001			

يظهردور صناعة السيارات في التجارة الخارجية من الشكل رقم 6 – 27 لكلا من مستويي الواردات والصادرات والذي معه نستطيع التعرف علي المكانة الفعلية للصناعة الحقيقية ويتضح بذلك الضرورة القصوى للدراسة والبحث نحو التطوير الجوهري للكثير من النظم الصناعية والتصديرية بمصر من أجل التوصل إلي معدلات نمو عالية ولتقليل الفائض السالب في حجم التجارة الخارجية حيث أن الصادرات لا تستطيع المنافسة في السوق العالمي وهو ما يلقي بالعبء علي المهندسين لمزيد من التطوير ورفع مستوى التكنولوجيا ذاتيا وللقدرة علي المنافسة في الأسواق العالمية ليس فقط في قطاع السيارات بل علي كافة القطاعات.



الفصل الثاني

أدوات الوقاية والقطع الكهربي

من أهم الأدوات التي تعمل بنشاط وتتحول إلي حالة الخطورة إذا ما غاب أي منها تلك أدوات الوقاية وآلات القطع الكهربي لتقبع علي القمة مسيطرة علي العمل من الجهتين أي التحكم الآلي أم الوقاية الآلية ونظرا لهذه الأهمية نخصص السطور التالية لإلقاء الضوء علي هذا الموضوع فيما يتعلق بالمنشآت الصناعية.

2-1: التحكم الآلي بللمصانع

نبدأ عمليات التحكم الآلي من القواطع الكهربية والمصهرات حيث نجد أن القواطع الأكثر ملاءمة للتعامل مع الأجهزة والأدوات في المنشآت الصناعية ونري منها:

أولا : القواطع الكهربية

تعمل بعض القواطع بنجاح في المصانع وغيرها من الأماكن المختلفة متباينة الاستخدام، ومنها:

1- القواطع التخلخلة Vacuum Circuit Breakers

تتميز بالقدرة الكبيرة علي القطع ذلك نتيجة لخلخلة الهواء في موقع الشرارة الكهربية مما يعمل عليحدم انتشارها بل ويساعد بشدة علي إخمادها لعدم توافر الأوكسجين (شكل رقم 2-1) ومنه نوعان هما النوع رأسي التركيب مثل ما هو وارد في الشكل أو النوع الأفقي.

2 ـ قواطع غازية *Gas Circuit Breakers*

يتم هنا اطفاء الشرارة الكهربية داخل الغاز والذي يتميز بعدم التأثر بتواجد الشرارة الكهربية حيث يعود مرة إلي حالته العادية فور الانتهاء من الشرارة (شكل رقم 2-2)، ولها من المواصفات الفنية المحددة

عموما كما وردت البنود الأساسية في الجدول رقم 2- 1 لنوعين من الموديلات الموجودة فعلا في الأسواق وبيان الصفات الأولية لها.

الجدول رقم 2 – 1: المواصفات الهندسية العامة لعدد من القواطع الغازية

الطراز	الأول	الثاني
Rated voltage, kV	7.2	12
Rated normal current , kA	1600	3200
frequency, Hz	50 (60)	
Breaking capacity, kA	40	31.5
Peak current, kA	128	
Maximum thermal stability current (3 s), kA	40	
Total breaking time, s	0.055	
Total closing time, s	0.075	
Drive type (modifications are possible with electromagnetic series drive)	spring type	
Dimensions, mm	740x800 x1200	
Weight, kg	180	270
Start of manufacture	1999	
price,(ألف دولار)	5	8

3 - القواطع الهوائية Air Circuit Breakers

هذه القواطع من الأنواع المنتشرة علي نطاق واسع لبساطته وعدم الحاجة إلي الخلخلة أو تواجد غازات تملأه .

ثانيا : المصهر

هو من الوسائل واسعة الاستخدام وخصوصا في الورش والمصانع وبالرغم من أنه من الطرز القديمة إلا أنه مازال يعمل بنجاح بجانب تلك القواطع الهوائية خصوصا مع المحركات.

ثالثا : تحسين ظروف التشغيل

من المعروف أن التشغيل عموما للدوائر والشبكات الكهربية يتم تحت ظروف التأخير الكهربي مما يفرض ضرورة نحو تحسين معامل القدرة وذلك لما له من مزايا عديدة ويتم ذلك بعدة وسائل وهي مكثفات التعويض كما نذكر أهمها فيما يلي:



الأولى مكثفات التوازي

يتم تنفيذ عمليات فصل وتوصيل المكثفات أتوماتيكيا في المنشآت الصناعية والمدارس الصناعية والفنية المتقدمة بهدف تحقيق العديد من خواص الأداء المطلوب مع تجنب أو الحد من أثر الظواهر الضارة أو غير المرغوبة وتظهر معوضات القدرة وهي عبارة عن مصادر للتغذية بالقدرة (مكثفات ومحاثات) تعمل معا تبعا لنظام تحكم سريع في توقيت الفصل والتوصيل بحيث يمكنها إمداد الشبكة بما تحتاج إلية من قدرة ردية سعوية أو تأثيرية، ويتم هذا بصورة لحظية في حدود نصف دورة فقط من دورات التيار المتردد وذلك عن طريق استخدام مفاتيح من الثايرستور وتزداد أهمية هذا مع الأحمال الشاذة التي تتميز بخواص تغير حادة وسريعة ومتقطعة بهدف تحسين معامل قدرتها

بحيث تعمل تلك المعوضات بصورة لحظية و بتوافق تام مع تغيرات الحمل، ويتم هذا علي الأسس التالية:
أ) تجنب تجاوزات الجهد في فترات الأحمال الخفيفة لأن المكثف يرفع الجهد بنفس المقدار بصرف النظر عن قيمة الحمل لان المكثف اللازم لرفع الجهد إلي قيمة معينة عند التشغيل علي الحمل الكامل قد يتسبب في تجاوز الجهد في فترات الأحمال الخفيفة وخاصة إذا كانت المفاعلة التأثيرية للشبكة عالية مما يصبح معه وجود المكثف خطرا علي الجهد في حالة الأحمال الخفيفة أيضا. لذلك نحتاج إلي تنظيم الجهد المطلوب وضبط قيمة الجهد عن طريق توصيل وفصل المكثفات علي خطوات تبعا لتغيرات قيمة الجهد نفسه ورغم أن الجهد لا يتغير بصورة ناعمة بالدرجة الكافية إلا أن هذه الطريقة مقبولة في أغلب التطبيقات العملية لانخفاض تكاليفها
ب) تجنب العمل علي معامل قدرة متقدم ذلك إن عمل الأحمال الصناعية علي معامل قدرة متقدم أمر غير مرغوب فيه سواء من وجهة نظر شبكة التغذية أو من وجهة نظر أداء وجهة شبكة المنشأة الصناعية نفسها لأن معامل القدرة المتقدم يسبب زيادة الفاقد وعدم استقرار المولدات العامة و الخاصة وعلي ذلك فإنه يجب فصل المكثفات غير الضرورية آليا بمجرد عدم الحاجة إليها وتستخدم عدة طرق للفصل والتوصيل التلقائي والتي تعمل علي أساس الإحساس بكميات مختلفة كما يلي:
1) مفاتيح زمنية تعمل تبعا لخطة زمنية معينة بصرف النظر عن طبيعة ومقدار الحمل
2) مفاتيح تعمل علي طريقة الإحساس بجهد النقطة الموصلة عليها وتقوم المفاتيح بفصل المكثف عند ارتفاع الجهد بقيمة معينة وتوصيله عندما ينخفض الجهد عن قيمة محددة سلفا تلقائيا0
3) مفاتيح تعمل علي طريق الإحساس بالتيار فقط ويكون أساسا للقياس عندما يصعب التعامل مع الجهد مما يستوجب نسبة عالية بين أقصى وأدني تيار بحيث ألا تقل النسبة عن 3 وهنا يضاف متمم زمني لتأخير عمل الفصل مع التيارات العالية عند البدء مثل تيارات المحركات.

4) قواطع تعمل مع القدرة الظاهرية تبعا للقياس وتتميز هذه الخاصية بعدم الفصل التلقائي للمكثف عند ما تتعرض القضبان لتأثير المصادر الأخرى وما ينعكس علي الجهد عليها.

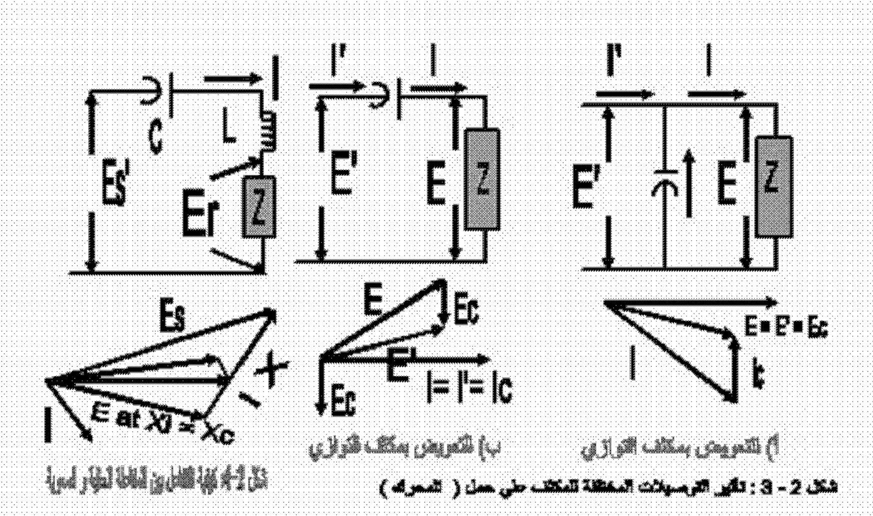
تحتوي وحدة التحكم في المفتاح علي متمم زمني يعمل تبعا للزمن أو الجهد أو التيار أو الكيلو فار، ويتم تزويد المفتاح بعنصر تأخير زمني يتم اختياره تبعا لسرعة الحمل وخواص الأداء وذلك لضمان السرعة المناسبة مع تجنب التشغيل غير الضروري، وتحتوي الوحدة علي جهاز لترتيب فصل وتوصيل المكثفات علي الخطوات المحددة سلفا بالإضافة إلي بعض الأجهزة لمساعدة كالموصلات ومفاتيح التحويل من الأداء الآلي إلي اليدوي، كما يتم اختيار نوع التحكم تبعا لظروف التشغيل و للاعتبارات الاقتصادية.

الثاني: مكثفات التوالي

مكثفات التوالي هي مكثفات تشبه في تكوينها مكثفات التوازي وتختلف عنها فقط في طريقة التوصيل حيث يتم توصيلها علي التوالي مع الحمل أو مع الخط الواصل من الشبكة إلي الحمل، ويقوم كل مكثف بتحسين معامل القدرة ولكن بطريقتين مختلفتين في المبدأ فبينما يقوم مكثف التوازي بإمداد الشبكة بمركبة التيار غير الفعالة اللازمة لتحسين معامل القدرة فإن مكثف التوالي يقوم بعملية التحسين عن طريق إضافة مركبة جهد عمودية كما هو موضح بالشكلين (3-2) أ ، ب أما في الشكل 2-3 (ج) تظهر دائرة توالي مكونة من مقاومة ومفاعلة تأثيرية ومفاعلة سعوية علي التوالي حيث يتضح من الشكل أن المفاعلة السعوية قد عوضت جزءا من تأثير المفاعلة.

جب اختيار موقع مكثف التوالي بعناية تامة ودراسة تأثيره علي باقي أجزاء الشبكة قد يوضع المكثف علي التوالي مع الحمل مباشرة وقد يوضع علي التوالي بين كابل التغذية وملف المحول الابتدائي أو في أماكن أخري حسب ظروف التشغيل، وفي جميع الحالات فإن دراسة تأثير مكثف التوالي علي الشبكة في غاية الأهمية حيث يمكن أن يتسبب المكثف في ظواهر مدمرة خاصة أثناء الفترات العابرة المصاحبة لعمليات توصيل والفصل وكذلك الأحمال ذات الطبيعة الحادة نظرا لصعوبة ذلك الموضوع فإنه

ينصح بعدم اللجوء إلي المكثفات في الشبكات الصناعية إلا عند توافر الخبرة الكافية الخاصة بذلك نذكر علي سبيل المثال أن مكثف التوالي قد يتسبب في ظاهرة الإثارة الذاتية للمحركات التأثيرية والمتزامنة أثناء عملية بدء المحرك مما ينتج عنة أضرار خطيرة بالمحرك، وقد يتسبب المكثف في ظاهرة الرنين المغناطيسي في المحولات لكي يمكن دراسة تأثير مكثف التوالي علي الشبكة يلزم توافر البيانات الآتية:



ب) التعويض بمكثف التوالي

أ) التعويض بمكثف التوازي

شكل 2 - 3 : تأثير الوصلات المختلفة للمكثف علي حمل (المحرك)

1. رسم كامل للشبكة يحتوي علي جهود قضبان التغذية ومقننات المحولات والكبلات والأحمال.
4. أكبر وأقل قدرة
2. أكبر وأقل معامل قدرة متوقع.
3. أكبر وأقل حمل متوقع.
5. درجة حرارة الوسط المحيط
6. الغرض من استعمال مكثف توالي
7. خواص الأحمال في الفترات العابرة وفي الحالات المستقرة

الثالث: التعويض في الخطوط المغذية للموقع

تلعب مكثفات التوازي ومكثفات التوالي دورا هاما في التحكم في أداء خطوط نقل و توزيع القوي الكهربية علي جميع مستويات الجهود (0.4- 11 – 500 ك. ف.) وتحتاج تلك الخطوط إلي التحكم التلقائي الدقيق علي محورين للكميات الكهربية تحت القياس هما: الجهد والقدرة.

المحور الأول: التحكم في الجهد

تتضمن طرق التحكم في جهود خطوط النقل و التوزيع ما يلي:

أ) استخدام محولات ذات نسب تحويل متغيرة عند بداية الخط ونهايته

ب) توصيل مفاعلات علي التوازي مع الخط الطويل ذو الجهد الفائق أو أثناء الأحمال الخفيفة

ج) توصيل مكثفات علي التوازي مع الخط أثناء فترات التحميل العالي أو أثناء التحميل بأحمال ذات معامل قدرة منخفض

د)استخدام مكثفات علي التوالي مع الخط وهي هامة عند التحميل غير الخطي

هـ) التحكم الدقيق والناعم في الجهد من خلال المعوضات للقدرة خصوصا لأنها منتشرة.

و) التحكم في إثارة المولد ومنظم الجهد في محطات التوليد

المحور الثاني: التحكم في القدرة

ذكرنا أن كلا من الجهد و القدرة مرتبطان ببعضهما بحيث أن التغير في أي منهما يؤدي إلي تغيير الآخر بصورة غير مباشر:

1- يتم التحكم في الجهد عن طريق النقل عن طريق التحكم في سريان القدرة خلال هذا الخط ويتم التحكم في القدرة الفعالة عن طريق التحكم في زاوية القدرة بين الجهدين عند طرف الإرسال وطرف الاستقبال

2يتم التحكم في سريان القدرة خلال خط بحقنه بالقدرة اللازمة باستخدام مكثفات أو ملفات توازي أو بمكثفات توالي وأخيرا المكثفات المتزامنة، ونشير إلي مكثفات التوالي في خطوط النقل وهي المساوية للفرق بين مفاعلة الخط ومفاعلة المكثف ونظرا لان المفاعلات تعمل علي الحد من قيم تيارات القصر فان مكثف التوالي يؤدي إلي ارتفاع تلك التيارات بصورة ملحوظة0علاوة علي أن عمليات توصيل وفصل المكثف يصاحبها تجاوزات هائلة في كل من الجهد والتيار وعليه فإن مكثفات التوالي علي

الخط يحتاج إلي ترتيب خاص، ويبين الشكل (2-4) أحد طرق توصيل مكثف التوالي مع خط النقل سواء عند طرف الإرسال أو طرف الاستقبال أو بمحطة بينية. أثناء التشغيل الطبيعي يكون المفتاح العازل لجهتي خطوط التيار المتردد وهو الرقيم (1) مفتوحا والمفتاحان رقم (2) موصلين حيث كل منهما يمثل العازل التوالي بينما المفتاح رقم 3 يكون مفتوحا يؤدي إلي توصيل المكثف علي التوالي مع خط النقل وإلي خفض المفاعلة الكلية للخط حيث تصبح قيمتها واحدا فيمر بذلك التيار I خلال بطارية مكثفات التوالي والتي تتكون من عدة وحدات موصلين علي التوالي وعلي التوازي للحصول علي القيمة المطلوبة لسعة المكثف

3- يتم توصيل دائرة إخماد مكونة من مفاعلة ومقاومة للحد من التيارات التمورية المندفعة لحظة توصيل المكثف وأيضا التي تنتج أثناء توصيل قاطع الدائرة وعند الحاجة إلي إخراج المكثف من الخط يجب توصيل قاطع الدائرة أولا ثم توصيل المفتاح بعد ذلك حيث يمر التيار عندئذ خلال الخط ولا يمر في المكثف

4- تتم الحماية من تجاوزات تيار بواسطة مرحلات موصلة علي محولات التيار بينما يتم الحماية من القصر الأرضي بواسطة مرحل متصل بمحول التيار ويقوم مفاعل التفريغ بتوفير مسار لتفريغ بالمكثف بعد فصلة رافعا جهده مما يؤدي إلي تلف هذا المكثف تستخدم الثغرة لاستقبال الشرارة لحماية المكثف من التجاوزات العابرة العالية في الجهد فعند ارتفاع الجهد علي المكثف عن حد معين ينهار الوسط العازل في فجوة الشرارة ويمر بالتالي تيار في محول التيار الذي يتحكم من خلال مرحلة في قاطع الدائرة فيؤدي إلي توصيل القاطع وإبعاد تيار القصر عن المرور في المكثف ويجب عزل الخط عن طريق قواطع الدائرة الموجودة في نهايتي الخط وهناك أيضا خطوط نقل التيار المتردد المرنة - التغلب علي المصاعب في كل من الجهد و القدرة الردية في خطوط النقل الطويلة ذات جهود فائقة ولها مفاعلة تأثيرية كبيرة وسعة توازي عالية مع الأرض ويتخلل هذه محطات بينية علي مسافات تتراوح بين 250 و 350 كيلو متر، حيث يتم تركيب التجهيزات الآتية في كل محطة:

* مكثفات توالي يتم التحكم فيها بواسطة مفاتيح ثايرستور

* معوضات قدرة تحتوي علي مكثفات توازي محكومة بالثايرستور ويتم التحكم في مفاتيح الثايرستور بواسطة منظومة تحكم ذات تغذية خلفية ويمكن بذلك التحكم في كل من الجهد و القدرة الفعالة والكلية، وجدير بالذكر أنة من العوامل التي ساعدت علي نجاح تصميم خطوط التطور الهائل في تقنية طرق التحكيم في مكثفا ت التوالي و التوازي.

2-2 : المتممات الساكنة Static Relays

ظهرت في القرن الماضي هذه النوعية من المتممات نتيجة للتقدم التكنولوجي في تصنيع الدوائر الإلكترونية وأجزائها وبعد ذلك انتشرت علي نطاق واسع في كافة المجالات وقد لحق بعملية وقاية الشبكات الكهربائية أو معداتها أو الأجهزة الكهربائية سواء في المواقع الصناعية أو عموما العديد من التطور وهو ما سوف نتطرق إلي المبادئ الأساسية التي تحكم عمل هذه الدوائر والتي تداخلت في بداية الأمر لتعمل جنبا إلي جنب مع المتممات الديناميكية الكلاسيكية بل وأصبحت بديلا رائعا لها عند اللزوم ولهذا وقع عبء التطوير والإحلال عليها وأصبحت من النوعيات الجوهرية في أداء دوائر الوقاية أو نظمها علي وجه الإطلاق سواء في المصانع أو في المواقع الأخرى ولهذا نتناول هذه النوعية المتطورة في الفقرات القليلة القادمة.

1 - الخصائص الفنية Technical Specifications

تتمتع هذه النوعية من المتممات **relays** بما تعكسه من تصرفات علي بقية الأجزاء **elements** في الدوائر الكهربائية **circuits** بالعديد من الصفات الجوهرية **basic characteristics** والهامة ونضعها في نقاط محددة وموجزة علي النحو التالي:

أولا: مميزات المتممات الإستاتيكية Advantages

من أهم الصفات المميزة لهذه النوعية من المتممات ما نحدده فيما يلي:

1high speed- السرعة الفائقة في الأداء حيث يصبح الثابت الزمني **time constant** للدائرة الكهربائية هو الأساس بدلا من الثابت الزمني

للحركة الميكانيكية والذي عادة ما يكون كبيرا جدا بالنسبة لمثيله في الدوائر الكهربية.

2- الحساسية الشديدة **high sensitivity** للقيمة المنوط بها تحديدا في أعمال الوقاية بل وتكبير قيمتها إلي الحدود التي نستطيع معها العمل بيسر وسهولة

3- لا تحتاج إلي أي من أعمال الصيانة **no maintenance**

4-لا تتأثر بالاهتزازات أو الصدمات **shocks and vibrations**

5- الحجم الصغير **size reduction**

6- مستوي وخواص أداء عالي المستوى **high performance**

7- تحسين معدل الأداء **improving** عن مثيله من المتممات الديناميكية

8- سهولة الاستبدال أو الإحلال **replacement** لتلك الديناميكية دون أدني تقصير في العمل

ثانيا: عيوب المتممات الإستاتيكية Disadvantages

تنحصر العيوب في هذا النوع من المتممات في نقطتين أساسيتين هما:

1- لا تعمل بأطراف توصيل متعددة **multi terminals connector** بل تحتاج للطراز الديناميكي لذلك

2- التداخل **interference** في بعض الأحيان مع خواص أداء المتممات الديناميكية

ثالثا: متطلبات المتممات الإستاتيكية Requirements

تتطلب هذه المتممات بعض من الدقة أكثر عن تلك الديناميكية وهي تقع في:

1- ضرورة إجراء تجارب **test** علي جودة المنتج **quality control** بشكل جوهري

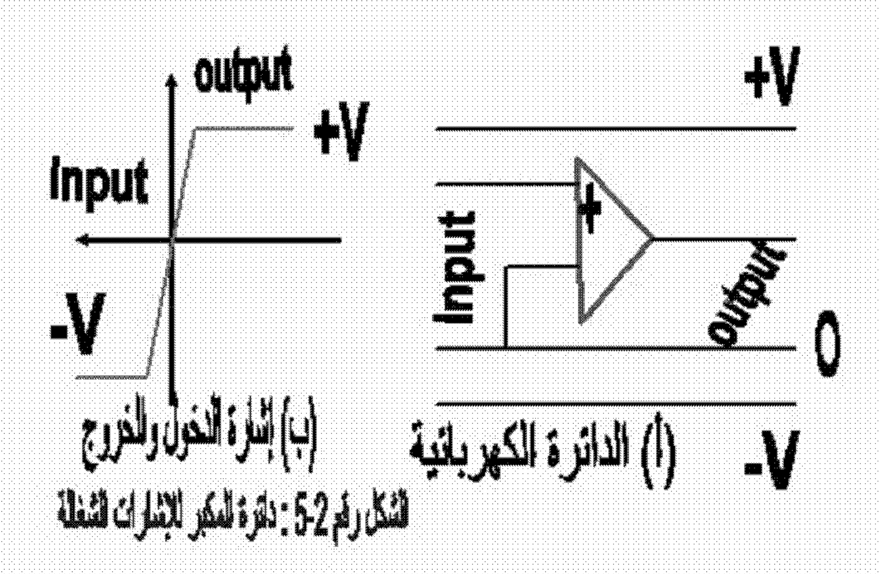
2- التأكد المستمر **check** بعد كل خطوة تصنيع طوال مشوار التصنيع

3- مطلوب الحساسية للدوائر عالية السرعة **high speed circuits** بالقيم الفائقة أثناء حدوث الخطأ مثل الحالات الانتقالية **transients**
4- يلزم تجهيز منبع قدرة تيار مستمر **D C supply** باعتمادية مرتفعة **reliability**

رابعا: محاور تصميم المتممات الإستاتيكية Design

تضيق مجالات المتممات الساكنة في محورين هما :

1- متممات منفصلة **separately** وحيدة الغرض **single purpose** وهي ما تحل مكان تلك الديناميكية أو التي تدخل بجوارها ليعملا سويا في وقاية معدة ما أو لاستكمال دوائر الوقاية لتصبح متكاملة الأداء مثل متممات التسرب الأرضي **earth leakage** أو زيادة التيار **over current** وغيرهما.



(ب) إشارة الدخول والخروج (أ) الدائرة الكهربائية

الشكل رقم 5-2 : دائرة المكبر للإشارات الشغالة

2- متممات متعددة الأداء multifunction وتدخل في دوائر متعددة الغرض أيضا وعادة ما تكون العمليات هذه متصلة الرباط related functions معا من خلال الدوائر الكهربية المتكاملة كما يدخل معها الدوائر المنطقية logic circuits والتي تعمل مع الحاسب الآلي microcomputer أو بدونه وتعطي مخرج وحيد common output لكل الحالات ويشمل كلا من الإشارة signal سواء للتوضيح والبيان indication أو من أجل الإنذار alarm والأمر بالفصل كما يسمح هذا التصميم بنطاق واسع من التعامل والتوصيل لأغراض مختلفة إلا أنه معقد complex في التصنيع أكثر من النوعية السابقة. كما يتفرع هذا النوع من المتممات في فرعين أساسيين نضعهما في البندين التاليين من هذا الفصل.

2 - أسلوب التشبيه Analogue Technique

تعمل الدوائر الإلكترونية electronic circuits بنظام استقبال receiving كمية كهربية ما وتعرف باسم القيمة الداخلة input وتشكلها بعد المعالجة الإلكترونية treatment إلي قيمة جديدة وتصبح هي الخارج منها وتعرف باسم القيمة الخارجة output وتتمثل الكميات الداخلة في التيار أو الجهد أو الزاوية phase angle بين الجهد والتيار أو بين أي من المتجهات الثنائية أو القدرة أيضا أما الكميات الخارجة فتوضع عند المعالجة مع مبدأ المقارنة comparison base بمرجع أساسي reference بدلا من قاعدة الضبط السابقة setting في المتممات الديناميكية وهي في المعالجة تدخل في دائرة البحث والكشف detection عن كميات محددة definite وتعتمد هذه الأعمال الكهربية علي نظام البساطة في بعض الأحيان وعلي النظام المركب combined system في أحيان أخري ولمزيد من الإيضاح نضعه في محورين:

أولا: المحور الزمني Time

في هذا المحور نتعرض إلي ثلاث نقاط مبدئية نحتاج إليها في نطاق التعامل الزمني بهذا الأسلوب وكلها متتالية الضرورة وهي:

1- مغير نوعية التيار Converter

هو ذلك الذي يعرف بتحويل التيار المتردد إلي الثابت AC/DC converter أو العكس وهو ما يجب أن نبدأ به من القياس بغرض الوقاية حيث نحصل علي القيمة المترددة من الشبكة سواء كان تيارا أو جهدا من خلال محولات القياس وذلك باستخدام قناطر التوحيد rectifier bridges فتتحول إلي كميات علي النوعية الثابتة DC غير المترددة ثم يتم مقارنتها مع مستوي محدد مسبق القيمة predefined level وهو ما يعرف بالضبط setting ثم ندخل علي التوقيت الزمني اللازم في ذلك ولذلك نحتاج إلي هذا المغير لنوعية التيار في بداية كل دائرة كهربية at input تعمل من أجل الوقاية، كذلك يمكن الاعتماد علي تحويل الكمية علي كل طور لتتجمع سويا مزيدا القيمة عند المقارنة باستخدام نظام البوابة الكهربية gate وفي البوابة الكهربية نحصل علي القيمة الخارجة output ثلاث أمثال تلك الحقيقية تقريبا مما يتيح لنا وضعها ككمية داخلة للدائرة الإلكترونية المخصصة لعمل الوقاية الكهربية وتصبح هي الكمية الداخلة input كما أن هذه البوابة توضع بنوعين حيث تكون إما لأكبر قيمة تيار highest current أو لأكبر قيمة جهد highest voltage ، ويظهر الفارق أنه في حالة التيار يقاس الجهد الخارج علي أطراف المقاومة output resistance بينما توضع هذه المقاومة علي دخول كل قنطرة لكل طور ونحصل في الخروج علي الجهد بين طرفي توصيل القناطر الثلاث output terminals .

2- التوقيت الزمني Timers

هنا نعرف نوعين هما إما محدد الزمن definite أو متغير الزمن varied time of tripping وهذا المتغير له نوعان وقد سبق الإشارة إلي ذلك ونضيف هنا الزمن الفوري instantaneous وهو المتاح نتيجة الثابت الزمني الصغر في الدوائر الإلكترونية حيث لا يضاف أي زمن للعمل مع الدائرة، وهو ما نستطيع التعرف عليه بهذا العمل الفوري بينما يقع عبء التوقيت الزمني detector حيث يقوم الكاشف ليصل إلي التوقيت اللازم عند الشحن capacitor علي الكاشف حيث يتم شحن مكثف الكامل فيتم

التفريغ discharge وهكذا تصل الإشارة إلي المخرج لتعطي الأمر بالفصل التلقائي

ثانيا : محور الكشف والبحث Detection

يعتمد الكشف عن القيمة ووقت حدوث الخطأ fault أو العيب في الشبكة الكهربية في هذا النظام علي كاشف أو باحث detector والذي يمثل الدقة في تحديد الضبط setting وهذه الصفة الأساسية للتعامل مع الدوائر الإلكترونية من أجل تقليل معامل الخطورة الإحصائي statistic risk factor ويقلل من الفصل الخاطئ false operation وهو ما يقع في ثلاث طرق مهمة هي :

1- كاشف المستوى level detector

يعتمد هذا الكاشف علي المكبرات المنطقية amplifiers والتي نراها في الشكل 2-5 حيث يعمل بنظام التحويل بين الكميات الداخلة والخارجة من خلال العلاقة input output characteristic فيعطي القيمة للجهد الخارج مباشرة فقط إذا وصلت إلي القيمة المرجعية والمحددة علي الشكل عندما تخرج القيمة التي تدخل عن حدود العلاقة التحويلية وتدخل منطقة التشبع saturation ، كما تتميز المكبرات المثالية ideal amplifiers من هذه النوعية بخمس صفات جيدة هي:

الخروج الجيد

الشكل رقم 2-6 : نقطة عمل الكاشف

(أ)

لانهائيا infinite voltage gain

(ب) المعوقة الداخلية للدخول اللانهائية infinite input impedance

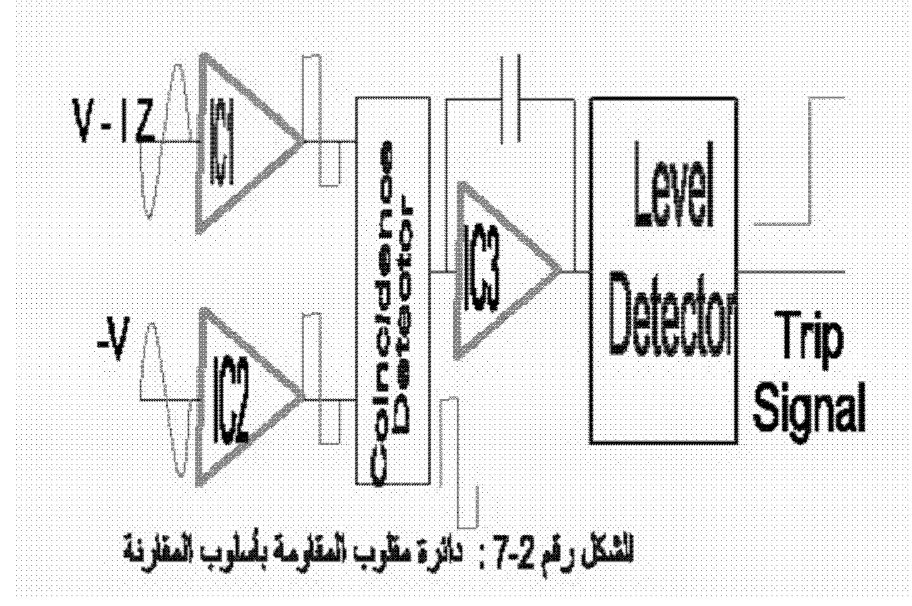
(ج) المعوقة الصفرية عند الخروج zero output impedance

(د) يمكن استخدام هذه الدائرة بدون بردن حملي

(هـ) نستطيع إدخالها في عدد من دوائر الوقاية الرئيسية.

كلها صفات تتمتع بها الدوائر المنطقية فيزيد من كفاءة أدائها لهذا العمل.

إضافة إلي ذلك يقوم الكاشف بالمقارنة comparison مع قيمة محددة مسبقا ـ قد تم الضبط عليها فلا يعطي قيمة خروج إلا إذا وصلت القيمة الداخلة إلي تلك المقننة كمرجع في الدائرة الكهربية لهذا الكاشف حيث تعمل القيمة المرجعية reference مثل المفتاح الكهربي switch فيفصل الدائرة وتصبح بلا خروج أو يغلقها وتخرج الموجة مباشرة إذا وصلت إلي هذا الحد ويبين هذه العلاقة البيانية الشكل الوارد رقم 2-6 حيث تظهر النقطة المرجعية عند تقاطع القيمة الداخلة للمكبر مع القيمة المرجعية المحددة.



الشكل رقم 2-7 : دائرة مقلوب المقاومة بأسلوب المقارنة

2- كاشف القطبية polarity detector

يعتد هذا النوع علي الشكل الموجي الخارج من المكبر حيث نجد الموجة المترددة sinusoidal wave الداخلة تتحول إلي موجة مربعة square عند الخروج أو مستطيلة أحيانا وتختفي في هذه الحالة عمليات التشوه distortion مخاطرها علي الدقة وذلك نتيجة الخروج الذي يعتمد علي إما الحالة فتظهر القيمة أو لا توجد فيكون الناتج صفرا وهنا يكون المرور الصفري معروفا بدقة تامة ولا يتأثر بنوعية أو شكل موجة الدخول.

3- الكاشف التكاملي integrator

يظهر هذا الطراز من الدوائر المنطقية وهو واسع الانتشار ويعتمد علي التغذية الخلفية في دائرة المكثف والذي يتأثر بقيمة المعوقة الداخلية والتي تساوي النسبة بين الجهد الداخل والمقاومة الداخلة أيضا والتي يمر بها تيار الدخول وتعطي جهدا علي المكثف بقيمة:

$$V_c = 1/C\ ?I\ dt = (1/RC)\ ?E_{in}\ dt = -V_{out} \quad (2\text{-}1)$$

تشير هذه المعادلة إلي أن جهد الخروج يتناسب مع تكامل integral جهد الدخول وبهذا تصلح الدائرة للاستخدام الزمني timer service .

3-2: التطبيقات Applications

يدخل التطبيق الفعلي للدوائر المنطقية في دوائر الوقاية عموما بشكل مكثف حتي وصل إلي الشيوع وكثرة إحلاله محل القديم أو المتهالك من القديم وتعطي الدائرة في الشكل رقم 2-7 شكلا من هذه التطبيقات حيث تتم المقارنة بين الموجتين الداخلتين (كقيمتين) ويكون الناتج للمقارنة هو الخروج منها وهو ما نراه مطبقا بالفعل في وقاية المسافة للخطوط الكهربية عند العمل علي مبدأ قياس مقلوب المقاومة Mho resistance وتشير إلي المحل الهندسي للتغير في هذه القيمة (الشكل رقم 2-8).

بأقصى قيمة كسب عند الخروج IC1 & IC2 يعمل في الدائرة كلا من الكاشفين بينما يتبع الكاشف No Feed Back وبدون التغذية الخلفية

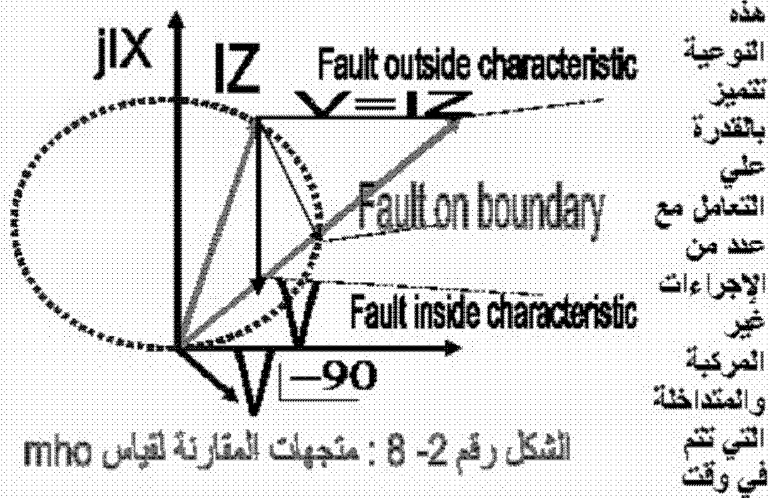
الأخير detector أسلوب المستوي level كما تحدد عليه بالرسم، ويظهر أيضا دائرة التكامل الكهربية integrator قبل المرور علي الكشف الأخير للتعامل مع ا لإشارات المربعة وتحويلها إلي إشارات فاعلة خارجة بعد المرور علي كاشف المستوي.

1 - الأسلوب الرقمي Digital Technique

تتطور النظم الرقمية digital systems وتشغيلها بسرعة فائقة high processing في العقود الأخيرة وذلك نتيجة التكنولوجيات المبتكرة والمتقدمة في مجال الدوائر الإلكترونية ومكوناتها مثل البوابات المنطقية logic gates والمشغلات الدقيقة microprocessor والحاسب الإلكتروني computers ودوائر الوقاية ذاتها relaying circuits ، ولكنه من حيث المبدأ تقوم الدوائر الرقمية علي أساس تحويل القيمة الداخلة analogue value تحت غرض الوقاية ضد خطأ ما إلي إشارة رقمية digital signal ويتم تشغيل تلك الأخيرة علي أحد المحورين:

الأول: محور المقاطع المنطقية discrete logic

هذه النوعية تتميز بالقدرة علي التعامل مع عدد من الإجراءات غير المركبة والمتداخلة التي تتم في وقت



الشكل رقم 2- 8 : متجهات المقارنة لقياس mho

واحد علي التوازي **parallel**

الثاني: المشغلات الدقيقة microprocessor

هي التي تستطيع التعامل مع الموضوعات المعقدة **complex** والمتداخلة **function interference** ويشكل أفضل من غيرها علي وجه الإطلاق ولكنها في الحقيقة قد تعجز عن العمل علي التوازي في بعض الأحيان مما يعطي الفرصة للعمل علي المحور السابق في تلك الحالات، سيكون من الأفضل بكثير عندما يؤخذ بالمحورين في آن واحد خصوصا مع الدوائر والعمليات المتداخلة تماما بحيث يعتمد التعامل مع الكميات المتوازية داخل نطاق كل مرحلة علي محور المقاطع المنطقية بينما تؤخذ النتائج جميعا للتحليل وإعطاء الوضع النهائي بمحور المشغلات الدقيقة. لهذا السبب نجد الإستراتيجية الهندسية للأسلوب الرقمي والذي يعطي التكامل والإمكانية للحصول علي نتائج دقيقة والخالي من عيوب العمل الزائف حيث يتشكل من مجموعة متتالية من العمليات المنطقية التي تتأكد معا وتعطي القرار النهائي الصحيح.

2- المقارنة Comparison

من المعروف أنه عادة لا يجتمع كلا من السرعة **quickness** والأمان **security** في شيء واحد ونفس الوقت ونحن هنا بصدد تحقيق الميزتان معا حيث نحصل علي أسلوب مقارنة **Comparison** سريع ودقته عالية بعد التأكد من ذلك حيث يعمل الخروج **output signal** بناءا علي مبدأ التأكد **verification** من كل أمر صادر إليه حتى يتحقق صحته من مكان آخر فإذا كانت الإشارة الثانية مؤكدة للسابقة فتعطي أمرا بالفصل التلقائي أما إذا كان التأكد سلبيا نتيجة لتواجد موجات توافقية **harmonic waves** أو تشويه وتوهين **distortion** مع الموجات المسافرة **traveling waves** عبر مكونات الدائرة وما ينتج عنها من شوشرة **noise** فيتوقف أمر الفصل وبهذا يكون الأمان متوفرا بجانب السرعة وهي من أهم العوامل التي يتميز بها هذا النوع من الدوائر في التطبيقات مع هذا المجال.

3- الدقة Accuracy

ليس من الواجب توصيل الدوائر الإلكترونية electronic circuits مباشرة مع أطراف الدوائر الكهربية لما لها من تأثير عند هذه الأطراف terminals وما يتبع الحالات الفجائي من أشكال موجة وتأثيراتها المختلفة، كما يمكن استخدام الأجهزة الضوئية optical devices للحصول علي الإشارات المطلوبة input signals من هذه الدوائر الكهربية وإدخالها إلي الدوائر المنطقية منخفضة المستوي low level logic inputs وذلك يكون مناسبا في حالة العمل مع المتممات ذات الذراع المنجذب attracted armature أو من النوع السريني REED RELAY لأنها تصبح بطيئة الحركة slowبالنسبة لبدء initiation حركة المفاتيح الكهربية السريعة high speed circuit breakers وكذلك لملامسات connectors المتمم السريني خصوصا مع القدرات الصغيرة، إلا أنه مع القدرات الكبيرة يظهر كلا من المتمم السريني الجاف عالي القدرة high power dry type أو الرطب الزئبقي mercury wetted قادران علي تحمل القدرة العالية والتي تصل إلي 3 ك. وفي 10000 عملية تشغيل وفي هذه النوعيات يلزم اتخاذ إجراءات الحماية لها ضد الصدمات الميكانيكية mechanical shocks.

2-4: الدوائر الكهربية Circuits

فإنها semiconductorsنظرا لاحتواء الدوائر الإلكترونية علي أشباه الموصلات تتعرض لظهور الموجات غير الأصلية والتي تنتمي لمجموعة الموجات التوافقية أو في الدوائر الكهربية والكميات المتعاملة معها ولهذا noiseالتي تعرف بأنها شوشرة catastrophicتنشأ فيها نوعين من الأعطال وهي إما العيوب التي تتمثل في النكبات R5 = 1وهو ما يحتاج إلي اختبار العزل الكهربي أو تلك التي تأتي مثل رداءة الأداء (kΩ , R3 = 0.5 kΩ , R1 = 0.2 kΩ (maloperation وهو ما يحتاج إلي حيث تستخدم موجة نمطية بذبذبة HF disturbance test 1اختبار التردد العالي ميجا هيرتز ومعدل التكرار 400 مرة / ثانية ولها معدل إخماد قدره من 3 حتى 6 دورة، ولذلك نحتاج إلي أسلوب

واضح لإجراء التجارب التي تحمي هذه الدوائر من تلك العيوب أو علي الأقل تزيد من طول عمر تشغيلها وتخفض معامل احتمال الانهيارات أثناء التشغيل.
تتحدد قيم المقاومات التي تتلاءم مع كل جهد اختبار مع التأكيد علي أن الغلاف الذي يخص المتمم أو الجهاز المختبر لا بد وأن يكون متصلا بالأرض كجهد صفري، حيث أن التطور الحادث علي هذه الجبهة بدءا من المكبرات الخطية **linear operational amplifiers** ثم البوابات الرقمية **digital gates** ثم إلي الدوائر المنطقية **logic circuits** وأخيرا الدوائر المتكاملة متعددة الأغراض **multi purpose integrated circuits** أو تطوراتها مثل الدوائر الكبيرة **large scale digital IC** أو بعد ذلك الذاكرة **memories** ثم انتهاء مع المشغلات الدقيقة **microprocessors** فكان من الضروري التأكيد علي جودة أي منها بل وجميعها أيضا فتكون هنك أهمية للمتابعة لتقليل معامل الانهيارات **failure factor** الإحصائية لتشغيل هذه الدوائر وتلافي أسباب ظهورها.
لهذا نهدف في الدوائر الإلكترونية إلي هدفين: أولا وهو رفع كفاءة الأداء **high performance** والثاني قلة التكلفة **economic production** مع الاحتفاظ بالجودة علي أعلي المستويات، كما يمكن الاعتماد علي بعضا من المحاور الهامة وصولا إلي الهدف السابق نتناولها في السطور التالية. ويعتمد علي أسلوب البرامج المتكاملة **software** للتشغيل علي الحاسب الآلي للحصول علي نتائج الجودة المطلوبة جزئيا وكليا في آن واحد توفيرا للجهد والوقت والتكلفة أيضا. فنأخذ هذا التأكيد علي الجودة في جزأين هما:

الجزء الأول: المكونات components

يعتمد الاختبار هنا علي نوعين هما:

1- الاختبار الديناميكي **dynamic test** ويتم عند درجة حرارة **70** م
2- الاختبار الإستاتيكي **static test** ويتم عند الدرجتين إما **85** م/ **160** ساعة أو **100** م/ **72** ساعة

نحتاج لهذه الاختبارات لأن الدوائر تتأثر بشدة بدرجات الحرارة وتتغير معها نقاط العمل لكل جزء فيها ويكون الاختبار للأجزاء المستقلة هادفا إطالة عمر هذه الوحدة المتكاملة لأن انهيار الجزء يزيد من العبء الكهربي علي بقية الأجزاء مسرعا من تلفها ويمكن برمجة الاختبارات بشكل مباشر مع الحاسبات كي نحصل مباشرة علي نتيجة الاختبار النهائية (رفض/ قبول)**final result** وتتم هذه التأكيدات للجودة علي مراحل ثلاث بجانب اختبار تكميلي أساسي عند الحاجة إليه وهي:

1- اختبار التشغيل والأداء **functional test** ويتم بمساعدة المشغلات الدقيقة

2- اختبار ديناميكي لتحديد **burn in** عند **70** درجة م لمدة **48** ساعة تشغيل

3- كل الأجزاء التي تمر بنجاح من الاختبار الحراري يعاد مرورها علي الاختبار السابق الأول

4- كل الأجزاء التي تقع عليها احتمالات العيوب تمر باختبار آخر مبرمج اعتمادا علي مبدأ **drift**

الجزء الثاني: الدوائر الشاملة المطبوعة printed circuits

يميز المتممات الساكنة ذلك المدى واسع النطاق للعمل فيها وتطبيقاته من أسلوب الحاسبات الآلية وكل هذا يتعرض لحد **VLSI** وحتى الدوائر **analogue**التشبيه **dry joint** - النقط الجافة **bridge** القنطرة **solder**من العيوب النمطية مثل: اللحام وهذا يتطلب التدقيق والاختبار لكل **disconnected circuits**- الاتصالات المفتوحة **passive components** أو غير الفعالة **active components**الأجزاء الفعالة ووصلاتها في حاجة إلي المراجعة قبل وبعد الإنتاج ففي **modules**ولذلك نجد النماذج **wire** اعتمادا علي أسلوب **connections**الوصلات ندخل إلي مجال ترتيب الوصلات ويمكن البرمجة لأداء الاختبار وتكون مزودة بما يعرف **wrapping technique** ويتم الاختبار بالاستعانة بمولد ذبذبة متعدد **back plane wiring**الوصلات الخلفية حيث يغذي جهاز **multi phase AC signal generator**الأوجه

فولت متر رقمي مع عداد زمني وباستخدام الحاسب الآلي والحزم البرمجية software المخصصة لهذا الغرض وهي التي تسهل هذه المهمة كما تعطي الفرصة في ذات الوقت للتعامل مع الأقراص المرنة floppy disk

الفصل الثالث

الدوائر الكهربية للتبريد والتكييف

Electric Circuits of Conditioning

تشمل الهندسة الحرارية بوجه عام عدة تخصصات متشابكة ومتداخلة مع عدد من التخصصات الهندسية الأخري مثل ما هو حادث في شأن هندسة التكييف والمجالات المتقاربة نحاول تبسيطها في السطور القليلة التالية وهو ما يعتمد أساسا علي الانتقال الحراري من وسط إلي آخر ويدخل في هذا الإطار مجالي التبريد والتكييف وذلك لما يمثلان من أهمية في الحياة البشرية عموما سواء في المناطق الباردة أو تلك الحارة والاستوائية.

المجال الأول: التبريد والتجميد

Freezing & Cooling

يحتوى تخصص التبريد بكفة مستوياته علي الكثير من الإهتمامات الفنية المتنوعة بدءا من الثلاجة المنزلية الصغيرة إلي تلك الثلاجة التجارية وصولا إلي المبردات المجمدة الضخمة لتخزين اللحوم وغيرها مرورا بتلك المستخدمة في المدارس الداخلية والمجمعات التعليمية الحديثة بجانب المجمعات والكتل السكنية والمعسكرات الشبابية وكذلك المدن الجامعية والقري الرياضية وغير ذلك ويتضمن التبريد كمنظومة هندسية عددا متباينا من التقنيات وله من الأدوات الكثير مثل الأنابيب والمكثفات والوسائط اللازمة لنقل الحرارة بجانب الضواغط الأساسية الهامة وغيرها من ملحقات ضرورية مثل الثرموستات للقياس الحراري والتحكم في درجات الحرارة ومقياس الضغط للتأكد من سلامة أداء المنظومة ودورة الضغط والمبخرات والمكثفات والمرشحات والمجففات وهو كله ما يخص الأجزاء الميكانيكية (الحرارية) من المنظومة. كما تعتمد هذه النوعيات إلي الأحجام التجارية الضخمة والتي توازي المبني والأبراج الضخمة سواء كانت بالمناطق الجمركية أو المواقع الصناعية أم للأغراض التجارية مرورا بتلك الخاصة بالمحلات بأحجامها المتباينة.

من الجهة الأخرى يأتي الجزء الكهربي داخل منظومة التبريد بشكل عام منظرمنا وسائل وأسس التحكم الآلي في التشغيل والضبط لهذه النظم وهو

ما يعتمد علي عددا من الخصائص الكهروميكانيكية والكهرومغناطيسية سواء كانت الدوائر الكهربية أو مكوناتها المنفردة ، ولا يتوقف الوضع عند هذا الحد بل يمتد إلي تواجد المحركات الكهربية التي تقوم بانتاج الحركة الميكانيكية للضاغط أو الطلمبات أو المراوح لإستكمال تنفيذ التقنيات المطلوبةأو لتشغيل التوربينات الهوائية لتحريك الهواء.

تختلف الدوائر الكهربية حسب متطلبات المنظومة ككل بدءا من ثلاجات عادية للمأكولات الطازجة إلي تلك الخاصة بالتجميد ، كما تتغير الدائرة الكهربية بتغير الوضع الخاص بدولاب التجميد من علوي إلي أسفل أو جانب الثلاجة الخاصة بالمأكولات الطازجة العاديةحيث تقوم الدوائر الكهربية بدور اساسي للمساعدة علي الإذابة الآلية لتكون الثلج.

المجال الثاني: التكييف Conditioning

يشمل التكييف نفس المحاور السابق ذكرها بالنسبة لمجال التبريد كما أنه يعتمد علي الدوائر الكهربية بتركيز أكبر إذ ترتفع نسبة تواجد الدوائر الكهربية داخل النظم الحرارية المستخدمة فيها عن تلك الخاصة بالتبريد، ولما كان كلا النوعان مستخدمان في الأبنية الحكومية عموما والمنشآت الصناعية والتعليمية بشكل خاص وعلي كافة المستويات أصبح من الضروري وضع هذا التخصص أمام مهندسي الكهرباء رفعا لمستوى المهندس وكفاءة أدائه ومن ثم كان هذا الفصل من هذا الكتيب لتبسيط المعنى الهندسي فيما يخص الدوائر الكهربية في المجالين معا. يزيد من هذه الأهمية أن الحياة في المناطق الحارة تحتاج بشكل جوهري إلي مبدأ التكييف كما هو الوضع في المناطق الاستوائية والحارة عموما.

إن عملية تكييف الهواء المحيط أصبحت من المتطلبات الضرورية في العصر الحديث سواء كان ذلك بالنسبة للأفراد من أجل الحصول علي كفاءة أداء أعلي منهم كعاملين أو لإضفاء مناخ الراحة علي المواطنين عموما أو بالنسبة للمعدات ولأجهزة خاصة الإلكترونية مثل الحاسب الآلي والمشغلات الدقيقة التي تطورت لتصبح سمة الأجهزة الحديثة والتي لا يعتقد أنه سيأتي جهازا واحدا أو معدة إلا وأن يكون المشغل الدقيق جزءا منها ونحن نري أن قرنا جديدا قد بدأ بكل مشتملاته من التقنيات عالية المستوى يحمل من المهام لها في طياته الاختراعات والابتكارات في كافة

المجالات ومن ثم نجد أن موضوع التكييف عموما من الضروريات الملحة وبالتالي نجد أن موضوع هندسة التكييف بصورة متخصصة لمهندسي الكهرباء كموضوع حيوي يحتاج إلي بعض الشرح والتفصيل الجوهري نفصله بإيجاز علي النحو المعروض في السطور القادمة.

3 -1: الأحمال الحرارية Thermal Loads

تتكون أجهزة التكييف بشكل عام من عدد من المكونات الأساسية التي لا يمكن أن يعمل الجهاز بدونها سواء كانت النوعية صغيرة أو كبيرة أو كوحدات مبسطة أو كنوع مركزي للتكييف ولهذا نجد أن الجهاز في جوهره يتكون من الضاغط **Compressor** بالرغم من أن الشكل العام والهيكل الخارجي قد يتباين إلي حد كبير حتي وإن كان لذات الطراز حيث المحرك الأساسي في عملية نقل الحرارة أي التبادل الحراري بالجهاز ولذلك نعتبر الضاغط كمحور رئيسي للتشغيل الميكانيكي جدير بالذكر بأن تكييف الهواء عبارة عن عملية مركبة من عدد من الموضوعات لأنه يشمل تبريد وتسخين الهواء ويتضمن سحب هواء وترشيحه وتنقيته ويوجد أيضا وسائل لضبط درجة الحرارة المطلوبة وكذلك فصل الرطوبة إلي الحد المسموح به وأسلوب التوزيع الحراري داخل المكان المخصص له جهاز أو أجهزة التكييف تبعا للمكان فمثلا في مركبات النقل الثلاجة نحتاج إلي درجة حرارة التجميد وفي المركبات نجد التطبيقات عديدة وفي المنازل والمكاتب وغيرها نتقابل مع هذه النظم وتكون مهمة في المراكز التجارية الضخمة والمجمعات التعليمية وفي المسارح المدرسية وفي أبنية الاتحادات الطلابية وغير ذلك.

من أهم مزايا أجهزة التكييف نستطيع أن نحدد:

1- رخيصة الثمن 2- سهولة ضبط درجة الحرارة المطلوبة
3 - بساطة التفتيش والمراجعة الظاهرية 4- سهولة التركيب
5بساطة أسلوب تغيير درجة الحرارة عند اللزوم دون تعقيدات
6- بساطة التشغيل بجانب الصيانة الروتينية السهلة والتي لا تحتاج إلي تقنيات متخصصة
7- عدم شغلها حيزا فراغيا عند التركيب أو بعد التركيب
8- لا تحتاج إلي أعمال السباكة لأنها تعتمد علي العمل الكهربي المباشر

تعمل الأجهزة الخاصة بالتكييف ومعالجة درجة حرارة الهواء بناء علي التحميل الحراري بدلا من التحميل الكهربي وهي تتشابه تماما معه والفارق يأتي في تنويع الأحمال الحرارية ومقدارها ومدى تغيرها ونمط تتابعها من الحدود القصوى إلي الدنيا وفترات تواجدها بالمكان ولذلك فهي تعتمد علي درجة حرارة الهواء المحيط قبل إجراء عملية التكييف وما ينتج عنها من تراكم حراري داخل الأبنية في الصيف وهروب حراري في الشتاء وفي كل حالة نحتاج إلي ضبط درجة الحرارة في حدود تلائم الأفراد أو المعدات في أي من فصول السنة الأربعة وهو ما نسطر له الفقرات التالية من هذا البند.

أولا: المصادر الحرارية

تتنوع المصادر الحرارية بين مصدرين جوهريين هما:

1- المصادر الخارجية

يتأثر تصميم أو اختيار أجهزة التكييف وقدرتها ومقنناتها بكل العوامل الحرارية التي تتداخل مع المكان المناط له التبريد أو التكييف خصوصا وأن الحرارة تنتقل من المستوى المرتفع حراريا إلي المنخفض كانتقال التيار الكهربي من الجهد المرتفع إلي المنخفض ولذا يجب التعامل مع:

النوع الأول: الحرارة المكتسبة Heat Gain

إنها الحرارة داخل الموقع تحت التكييف حيث الفارق بين الهواء الخارجي والهواء داخل المبنى عادة ما يكون حوالي 20° ف فتعطي منبع حراري يشمل ثلاث أنواع من كميات الحرارة فنري الانتقال الحراري من أول الأسس الواجبة في الاعتبار ولذلك يوجد:

1- جزء من الانتقال الحراري الذي يتم من خلال التوصيل الحراري Conduction من خلال الحوائط والنوافذ والأسقف والأرضيات

2- جزء ينتقل من الخارج إلي الداخل بأسلوب الإشعاع الحراري Radiation سواء كان من الشمس كطاقة شمسية متجددة

3- جزء لا ينتقل بل يتبقى بعد الانتقال الأول ولا ينتقل بسرعة من الداخل إلي الخارج بل يمكث وهو ما يعني الحرارة المتبقية Residual Heat

4- جزء عن الفقد الحراري من الداخل إلي الخارج من خلال الثقوب والفتحات (فتحات عادية مثل النوافذ والأبواب) ومنها تهرب الكميات

الحرارية الساخنة عالية الحرارة إلي الخارج وهو ما يعبر عن الفقد الحراري نتيجة التسرب الحراري وهو ما يحدث تكراريا مع كل حركة للأبواب أو النوافذ وعدد مرات الفتح والقفل والفارق الزمني بين الفتح والغلق، ويمكن معالجة هذه الموضوعات بالطريقة الحرارية باستخدام العزل الحراري والمواد العازلة حراريا والألوان المناسبة لهذا الغرض.

النوع الثاني: المصادر الداخلية

تختلف هذه المصادر عن تلك السابقة حيث أنها تأخذ في الاعتبار الحرارة المتولدة عن الأعمال والحركة والمصادر الحرارية الناتجة داخل الأبنية وهي عديدة مثل:

1-الأشخاص المتواجدين ومعدل تواجدهم بالداخل ويقنن الحمل الحراري بشكل متوسط للفرد بمقدار 600 و. ح. ب/ س ويزاد في المواقع الرياضية أو عالية المجهود البدني إلي 1000 بدلا من 600

2- الأجهزة الكهربية والحرارية التي ينتج عنها طاقة حرارية

3- عمليات التسخين سواء حمامات أو سخانات وأعمال الطهي

الإضاءة وهي التي تولد طاقة حرارية داخليا دون امرارها إلي الخارج وتقاس الحرارة المتولدة بالوحدات الحرارية البريطانية (و. ح. ب.) ومجمل هذه الطاقات الحرارية يعطي قيمة ملموسة وتوضع في الاعتبار عند التصميم أو التركيب عموما بالإضافة إلي التأثير الناتج عن الرطوبة النسبية بالمكان

ثانيا: الحمل الحراري

تقنن مستويات الحرارة في الغرف لتشغيل الأجهزة الخاصة بالتكييف وهي مقننة لدرجة حرارة الهواء الخارجي بمقدار 95 ° ف بحالة جافة و 75 ° ف لحالة الهواء المشبع بالرطوبة بحيث تكون درجة الحرارة داخل الغرفة مثلا بمقدار 80 ° ف بالحالة الجافة أو 67 ° ف للحالة الرطبة.

تتوقف سعة التبريد علي الحمل الحراري وهي قيم مقننة كما هي مجدولة في الجدول رقم 3-1 حيث يميز السعة لكل من المساحات المسطحة من الأبنية مقدرة بالقدم المربع تبعا لاتجاه الموقع مع اعتبار أن ارتفاع السقف في حدود 8أقدام وقد تحدد نوعية الحيز الفراغي أعلي الغرفة (مشغول- هرمي - سقف معزول مستوي).

الجدول رقم 3-1 : مقننات سعة التبريد للغرف المختلفة بأوضاع متنوعة الاتجاه

سعة تبريد	حيز مشغول		حيز هرمي			سقف معزول مستوي			
و.ح.ب./س	شمال أو شرق	جنوب	غرب	شمال أو شرق	جنوب	غرب	شمال أو شرق	جنوب	غرب
6000	400	200	100	200	100	64	250	120	80
7000	490	250	125	230	130	97	295	155	105
8000	580	300	150	270	160	130	340	190	130
10000	750	440	390	340	270	200	470	340	240
12000	920	580	470	410	320	225	550	375	275
13000	1000	660	550	450	350	250	600	400	300
16000	1290	970	790	570	480	390	750	650	540

بالاستعانة بهذا الجدول نستطيع تقدير السعة المطلوبة بصورة تقريبية لمعرفة الحدود التي تقع حولها الاختيارات لأجهزة مناسبة في هذا القدر. ولكن يجب التصميم لهذه الأحوال بناء علي الأحمال الحرارية والتي وضع معامل التكييف المناسب ولذلك يلزم تواجد البيانات الأولية لحساب أحمال التبريد أو التكييف وهذه البيانات تتمثل في عدد من النقاط كما هي مجدولة بالجدول رقم 3-2 .

بعد تحديد هذه البيانات تكتمل الصورة كي يتم حساب الحمل النهائي المطلوب للتصميم ومن ثم يتبع طريقان من خلال نوعين من الجداول ويتبع المناسب منها (أي أن عدد المقيمين عادي - منزلي - أو المكان تجاري و مكتبي)

ثالثا: طريقة الحسابات

بالرجوع إلي الجدول رقم 3-3 نجد أنه محدد لكل نوعية محددة من البيانات الأساسية السابق ذكرها معاملا خاصا يعتمد علي درجة حرارة الخارج مع تحديد مواصفات هذه البيانات لكل حالة حيث يتحدد اتجاه الغرفة والحائط إذا ما كان داخليا (غير معرض للخارج) أو خارجيا (أي معرض للخارج) ويستعمل عندئذ طول واحد للداخلي وأكثر من واحد عندما يكون هناك أكثر من حائط خارجي، كما يجوز استعمال الحائط الداخلي

لأقصر الحوائط غير المعرض للخارج بينما يستعمل الطول القصير عندما يكون أكثر من حائط معرض للخارج كما في الحالة الثانية من نتائج الجدول ، ومن ثم نستطيع اتباع الخطوات الأولية التالية لكل من الحالتين:

الجدول رقم 3-2: البيانات الأساسية المطلوبة لحساب الأحمال والسعة الحرارية للجهاز

م	البيان	م	البيان	م	البيان
1	أبعاد الغرفة (طول–عرض–ارتفاع)	5	اتجاه الحوائط والنوافذ المعرضة للخارج	9	متوسط عدد الأفراد الشاغلين للمكان
2	مسلحة الغرفة	6	نوع البناء والمواد الداخلة فيها	10	نوعية الأجهزة المستخدمة وقدراتها
3	موقع النوافذ	7	المساحات الخارجية حول المبني	11	الاحتياطات الهندسية اللازمة كهربيا لتوصيل التيار من المنبع إلي الجهاز أو الأجهزة
4	نوعية الطابق (أول - أخير أم متوسط)	8	الأرضية علي (فضاء / بناء)		

الحالة الأولي: الأحمال المنزلية العادية

إذا كان عدد الأشخاص المتواجدين بالغرفة هو أثنين فيتم حساب سعة الجهاز المطلوب علما بأن مساحة النافذة 12 قدم مربع

1- نستعمل أطوال الحوائط الموجودة مضروبة في معامل التصميم الموجود بالجدول رقم 3-3 لدرجة حرارة جافة ويدون ناتج حاصل الضرب في الخانة الخاصة بوحدات التبريد

2- نستعمل أقصر الحوائط بالغرفة مضروبا في المعامل لطبيعة التصميم ويكون الناتج هو حمل التبريد ويدون بخانتها بالجدول رقم 3-3

3- لتحديد تأثير الحيز نحصل علي ناتج ضرب المساحة (طول × عرض) والمعامل تبعا لاختيار التصميم ويدون الناتج بالجدول 3-3 أيضا

4- حمل التحميل الحراري هو مجموع الأحمال الثلاثة والسابق تدوينها بالجدول رقم 3-3 وهو المحدد لنوعية الجهاز المطلوب ومقننه الحراري.

الحالة الثانية: أحمال المكاتب والمحلات التجارية

يستعمل معها الجداول الثانية والخاصة بالأحمال التجارية ويتم بنفس الخطوات السابقة:

الجدول رقم 3-3 : بيانات المكان وحساب سعة التكييف المطلوبة للكميات بالقدم الطولي أو المربع

بند	كمية	معامل لدرجة حرارة (ف)			وحدات تكييف
		95	100	105	
حائط داخلي (غير معرض للخارج) طول غرفة حائط خارجي (معرض للخارج) أكثر من حائط خارجي	20	60	90	120	3600
		100	140	180	
		150	190	230	
		180	230	280	
ما سبق لعرض الغرفة	12	60	90	120	1800
		100	140	180	
		150	190	230	
		180	230	280	
مساحة سقف غير معزول بسقف معزول مشغول أعلي	240	20	25	30	600
		25	30	35	
		10	13	16	
		13	16	20	
مجموع					11400

1- تحديد مساحة النوافذ المعرضة لأشعة الشمس تستعمل الجهة التي تحتاج إلي أكبر وحدات تكييف

2- يتم اختيار معامل التحميل علي أساس نوعية وشكل النوافذ (ستائر أو بغير ذلك) والمعامل المدون بالجدول يمثل النوافذ المجهزة بتندة ولكنه يتضاعف بالنسبة للنوافذ المعرضة للشمس مباشرة وغير مجهزة بستائر أو أغطية ويتم اختيار معامل واحد منهما للتصميم إذا وجد الوضعين حيث التحميل الحراري الأعلى.

3-حساب الحمل الحراري للنوافذ كحاصل ضرب مساحة النوافذ المعرضة للشمس ومعامل التحميل

4- نستعمل المساحة الكلية لجميع النوافذ التي لم تؤخذ في الاعتبار في المعامل السابق وتعتبر مرحلة ثانية لها
5- يتكرر السابق للحوائط علي مرحلتين أيضا
6- يتكرر بالنسبة للمساحة الكلية كما حدث في الحالة الأولي المنزلية
7- عدد الأشخاص يتغير عن المنزلي ويتحدد هواء نقي لكل شخص بمعدل 15 قدم/الدقيقة
8- يتحدد مقدار القدرة الكهربية للمصادر الضوئية لحساب الحرارة الناتجة عنها
9- يتم إخراج أي باب مفتوح عادة إلي خارج منطقة التكييف .
10- حساب مجموع كل الأحمال السابقة يمثل الحمل الكامل المطلوب
11 - يتم اختيار الجهاز بناء علي السعة المحددة بالبند السابق

جدير بالذكر أن السعة تتغير وبالتالي الحجم والوزن لأجزاء الجهاز بل والهيكل الخارجي يتغير أيضا. أن عملية الأنتقال الحراري ذات طابع هندسي ميكانيكي إلا أنه تظهر التركيبات الكهربية بشكل هام داخل هذه الأجهزة سواء من الداخل فعلاً أو من التوصيلات الخارجية نتيجة لتواجد الملفات وتوصيلاتها داخل المكونات ذاتها وهو الوضع الذي يشير إلي أهمية العمل الكهربي داخل هذه الأجهزة ثم بالتالي في تشغيل لنظم الخاصة بالتكييف بل وكل العمليات التي تتعلق بالانتقال الحراري. يجب إضافة أن نظم الانتقال الحراري من تبريد أو تكييف أو تهوية تتباين من الصغر البسيط ، ويظهر لنا هذا الحجم الكبير للجهاز المركزي المستخدم في المواقع الصناعية والتجارية وهو ما قد نحتاج إليه في المجمعات التعليمية الحديثة وهو الهدف الاستراتيجي الحالي لوزارة التربية والتعليم كمحور للتقدم التكنولوجي والعلمي. من الضروري النظر إلي الجزء الكهربي في أعمال التبريد والتكييف والتهوية كمحور رئيسي وهام خصوصا وأنه يتواجد في أعمال أنشاء وتشغيل وصيانة الأبنية العامة والخاصة والتعليمية من نظم الفصل الواحد إلي المدارس النمطية إلي تلك ذات النمط التجريبي وحتي المجمعات الضخمة والتي تصل إلي حد المدن التعليمية والرياضية، ولن يتوقف الأمر عند هذا الحد بل من أجل رفع المستوي الهندسي ابتكاريا وتنفيذيا للمهندس وذلك لمواكبة هذه النظم

سواء كانت في أبنية أو في مركبات وطائرات أو في الهواء الطلق مع الرحلات السياحية أو حتي مع الزراعة مثل ما هو الحال في الصوبات الزراعية سواء كانت في المدارس الزراعية أم غيرها.

3 – 2: مكونات الدوائر الكهربية

تواجه الدوائر الكهربية كلا من التشغيل الصحيح لدورات التبريد أو التكييف وما يدخل تحت هذا المجال من اتباع الكود الكهربي السليم لأنه لا بد وأن تتضمن الدوائر الكهربية حماية الأفراد ووقاية المعدات والأجهزة المستخدمة ضد أي أخطار قد تنشأ فيجب التطابق مع المواصفات القياسية في هذا الشأن ومن أهم المبادئ الواجب توافرها في الدوائر الكهربية بهذا التخصص نضعها في شكل أسس جوهرية وهي خمسة مبادئ:

الأول: أن تكون الأسلاك من المستوى رقم 2 (Class 2) لدوائر التحكم والمتممات الخاصة بها والأجراس ووسائل البيان والإشارة ودوائر الإتصالات، تبعا للمواصفات القياسية الدولية.

الثاني: مصدر الجهد من خلال محولات صغيرة مزدوجة الملفات بقدرة تقرب من 100 ف. أ. أي أن التيار حتي 5 أ لجهد 15 ف. أو بقيم تصل إلي 3 أ. إذا ارتفع الجهد حتى 30 ف. أو 1.5 أ. لجهد من 30 إلي 60 ف أما بالنسبة لما يزيد عن 60 ف بان لا يزيد التيار عن 1 أ.

الثالث: دوائر الوقاية وتشمل 4 أنواع من الأجهزة أساسا مثل:

الشكل الأول: المصهر Fuse

المصهر ومقنناته هي: 5، 10، 15، 20 أو 30 أ ويعطي الجدول رقم 3 - 4 بيانا بالمقننات للمصهر تبعا لقدرة المحرك تبعا للمواصفات القياسية كما يلزم أن يكون المصهر مناسبا لمقنن دائرة المحرك عموما ويجب أن يغطي النوع المتأخر من الوقاية فترة تيار البدء حتى لا يفصل المحرك مع كل بدء، ومن الأنواع المستخدمة للمصهر في هذا النطاق يوجد:

أ) مصهر سريع الفصل Fast Acting Fuse وهو سريع بعد فترة بدء الحركة كي يتيح الفرصة لتيار البدء من العمل

ب) مصهر متأخر الفصل Time delay Fuse وهو مناسب مع الحمل المتجاوز وعادة ما يكون التأخير 10 ثوان ولكنه معيب مع التيارات

الكبيرة حيث يتأخر أيضا مما يضر بعزل الملفات ويتسبب في قصر عمر المحرك .

الجدول رقم 3 – 4 : مقننات التيار الأقصى للمصهر مع المحركات

قدرة (حصان)	240 ف	120 ف	240 ف	120 ف
6/1			2.2	4.4
4/1	1.5	2.9	2.9	5.8
3/1	1.8	3.6	3.6	7.2
2/1	2.6	5.2	4.9	9.8
4/3	3.7	7.4	6.9	13.8
1	4.7	9.4	8	16
1.5	6.6	13.2	10	20

ج) مصهر متعدد الأغراض Multipurpose Fuse وهو ما يشمل النوعين السابقين معا .

د) مصهر محدد للتيار Current Limiting Fuse وهو ما يقلل من قيمة تيار القصر كي لا يصل إلي أعلي من القيمة المقننة

الشكل الثاني: القاطع الكهربي Circuit Breaker

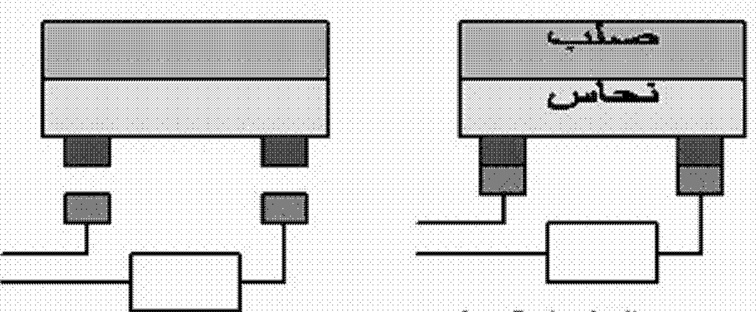
نظرا لأن الاختيار المناسب للمصهر قد يتسبب في مشكلات مختلفة مما يتيح المجال أمام القاطع الكهربي كميزة هامة تفوق المصهر وهو ما يمكنه ضبط مقننات الفصل تبعا للظروف وتيارات القصر عند كل تغيير في توصيلات الشبكة المحلية، وتتميز أيضا تلك المفاتيح بامكانية إعادة الوضع بعد الفصل التلقائي بدلا من تغييرها كما هو الحال بالنسبة للمصهر والذي يحتاج إلي عناية فائقة عند اختياره خصوصا ما إذا كان الفصل تكراري.

الشكل الثالث: المفاتيح الحرارية

تتباين وتتنوع هذه المفاتيح التي تعتمد علي التأثير الحراري لمرور التيار الكهربي في الدوائر الكهربية كظاهرة طبيعية لها من المظاهر التقنية التي يمكن إستغلالها علي النحو المعروض في السطور التالية.

1- المفاتيح الحرارية المزدوجة Bimetal Switches

هذه النوعية من القواطع (المفاتيح) تتأثر بزيادة الحمل وتحويله إلي ارتفاع حراري وهو من الأجهزة الأكثر استعمالا ويوضع في الأماكن الحساسة والهامة بأجهزة التكييف والتبريد وهو يعمل مع تيارات القصر التي تنتج حرارة ولكنه غير حساس بالنسبة للإرتفاع الحراري الناتج عن أية أسباب أخرى مما يضر بالمحرك لأنه يكون فاقدا للحساسية لهذا النوع من الأعطال وبالتالي لا يفصله عن الجهد في هذه الحالات والشكل رقم 3- 1يوضح هذا المزدوج الحراري في حالتي السخونة والبرودة مبينا الفارق مع ظهور تجاوز الحمل المصحوب دائما بزيادة حرارية وارتفاع في درجة الحرارة.



الشكل رقم 3 – 1

2- الترمومتر الإلكتروني Electronic Thermometer

أنه الثرمومتر المتنوع في نطاقين:

أ) الأول يعمل مع معامل حراري موجب (PTC) فمع زيادة الحرارة تزيد المقاومة الموصلة علي التوالي مع ملفات المحرك فتفصل المحرك وتمنع بذلك الضرر الناشئ عن الارتفاع الحراري أثناء التشغيل وعندما تهبط درجة الحرارة يقوم بالتوصيل التلقائي لأطراف الترمومتر كهربيا فيمر التيار مرة أخرى.

ب) الثاني يعمل مع الثرمومتر سالب المعامل (NTC) وهو عبارة عن ثرمومتر يوضع داخل كبسولة داخل المحرك ويعمل مع ارتفاع الحرارة فتقل المقاومة الخاصة بالترمومتر فيزيد التيار في الترمومتر فيفصل الدائرة مباشرة.

3- تجاوز الحمل الداخلي Internal Overload

من الممكن أن يستخدم أسما آخرا لهذا الطراز من الوقاية وهو التجاوز الحراري Overheating حيث يستخدم هذا النوع مع المحركات محكمة الغلق وكذلك الوحدات الكبيرة ذات القطبين وهو نوع من أنواع المزدوج الحراري لأن الارتفاع الحراري قد ينشأ عن ضعف في دورة التبريد أو الاحتكاك الميكانيكي أو مع البدء السريع بعد كل فصل أو عن الفرملة الميكانيكية وعادة تعمل هذه الخاصية مع 52 ْم وتفصل الدائرة تماما عند الحدود 93 – 121 ْم ويتوقف المحرك عن العمل تماما ويعود إلي التوصيل مرة أخرى إذا ما هبطت الحرارة إلي حدود 66 – 79 ْم، أما عن أسلوب العمل بالنسبة لتجاوز الحمل الداخلي كنوع من القرص المعدني المزدوج حيث يوضع داخل الضاغط المحكم الغلق تماما أو داخليا في الملفات ويعمل في حالات زيادة التيار أو زيادة درجة الحرارة أو فقد التبريد أو أيٍ عيوب تؤثر في درجة الحرارة أو هبوط ضغط العادم في دورة التبريد أو التكييف عموما.

4- الدوائر الإلكترونية وتتراوح مقنناتها بين 2 ملي أ . وحتى 2 أ .

5- قواطع التيار العاملة بالملف المغناطيسي Magnetic Solenoid مع التجاوز الحراري Overload أو بالمزدوج الحراري Bimetal أو الثرموستات.

علي الجانب الآخرمن المبادئ الأساسية المطلوب توافرها في الدوائر الكهربية بمجال التبريد والتكييف تأتي المحركات كأحد الأجزاء الرئيسية في هذه الدوائر الكهربية داخل هذين المجالين وتتنوع هذه المحركات إلي:

النوع الأول: النوعيات الأساسية Basic Types

هنا تظهر إما محركات وحيدة الطور وهي واسعة الانتشار أو ثنائية الطور أو ثلاثية الطور كما يظهر أحيانا في حالات خاصة المحركات متعددة الطور.

النوع الثاني: الأنواع المفتوحة Open Types

تشمل الأنواع المفتوحة علي عددا من المحركات مثل:

1 - محرك نفر بدء Repulsion – تأثيري التشغيل Induction Run

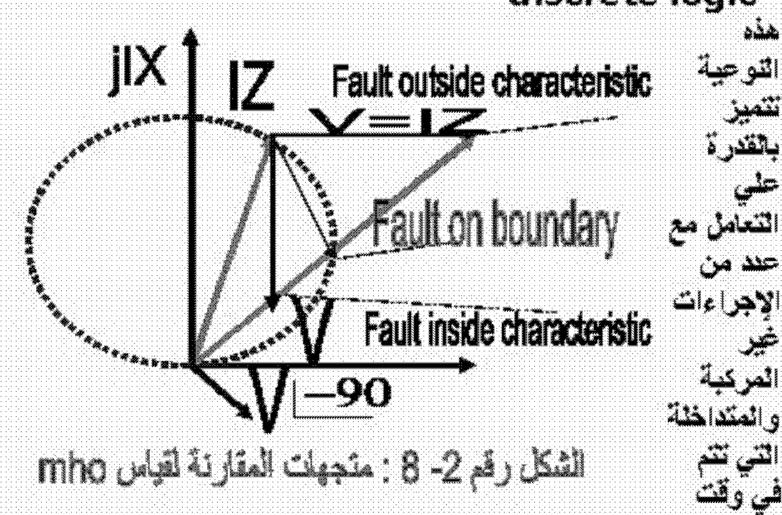
الأخير detector أسلوب المستوي level كما تحدد عليه بالرسم، ويظهر أيضا دائرة التكامل الكهربية integrator قبل المرور علي الكاشف الأخير للتعامل مع ا لإشارات المربعة وتحويلها إلي إشارات فاعلة خارجة بعد المرور علي كاشف المستوي.

1 - الأسلوب الرقمي Digital Technique

تتطور النظم الرقمية digital systems وتشغيلها بسرعة فائقة high processing في العقود الأخيرة وذلك نتيجة التكنولوجيات المبتكرة والمتقدمة في مجال الدوائر الإلكترونية ومكوناتها مثل البوابات المنطقية logic gates والمشغلات الدقيقة microprocessor والحاسب الإلكتروني computers ودوائر الوقاية ذاتها relaying circuits ، ولكنه من حيث المبدأ تقوم الدوائر الرقمية علي أساس تحويل القيمة الداخلة analogue value تحت غرض الوقاية ضد خطأ ما إلي إشارة رقمية digital signal ويتم تشغيل تلك الأخيرة علي أحد المحورين:

الأول: محور المقاطع المنطقية discrete logic

هذه النوعية تتميز بالقدرة علي التعامل مع عدد من الإجراءات غير المركبة والمتداخلة التي تتم في وقت



الشكل رقم 2- 8 : متجهات المقارنة لقياس mho

بالثرموستات قبل المحرك ويجدول الجدول رقم 3 – 5 قدرة البدء والقدرات المقتنة عند درجات 70 و 110 درجة فهرنهيت وذلك لجهد التشغيل 120 ف حيث تختلف هذه القيم للمقتنات لجهد 220 ف ولكن الجدول يقدم المقتنات التقريبية لأن ذلك يعتمد علي الشركات الصانعة وموقع التشغيل المحيط حول المحرك وغيره من المعاملات الأخرى .

النوع الرابع: محركات المكثف والمبخر والمروحة

منها الأنواع النمطية التالية:

1 – المكثف 2 ـ القطب المظلل Shaded Pole 3 ـ محرك مكثف شقي ثابت Permanent Split

أما بالنسبة للمحركات الخارجية فيتواجد ثلاث أنواع مثل:

1 ـ محرك بادئ نافر Repulsion تأثيري العمل 2 ـ مكثف بدء تأثيري عمل 3 ـ محرك ثلاثي الطور

الجدول رقم 3-5 : مقتنات قدرة البدء والتشغيل للمحركات محكمة الغلق

قدرة (حصان)	70 ْ ف	110 ْ ف	قدرة البدء (و)
16/1	66	100	375
9/1	117	160	740
8/1	108	163	743
7/1	160	218	970
5/1	242	295	1450
4/1	235	320	1250

يظهر في الشكل رقم 3 ـ3 المكثف المستخدم في هذه الدوائر وهو مزدوج الطبقات حيث تتكون الطبقة الخارجية من صفائح الألومونيوم يدخل بينها العزل الورقي تتميز هذه المحركات من النوع التأثيري بأن السرعة الثابتة للتشغيل تقل قليلا عن السرعة التزامنية وتتوقف هذه السرعة علي عدد الأقطاب والذبذبة وتحسب من السرعة المتزامنة التي تتأثر أساسا بالمجال المغناطيسي المتولد من ملفات العضو الثابت (حيث يسبق المجال بقطب لكل نصف دورة من ذبذبة التيار)، ويوضح ذلك الجدول رقم 3-6 خصوصا وأن الحمل الميكانيكي علي المحرك يتسبب في خفض سرعته،

اما بالنسبة للمحركات محكمة الغلق وبها أقطاب تتراوح بين 2 و 4 قطب للمجال (أحيانا غير شائعة تصل الأقطاب إلي 6 أو 8) وبسرعة دوران مقننة 1800 / 3600 لفة في الدقيقة حيث يتم توصيل الملفات علي التوالي للعمل علي السرعة المنخفضة (2 قطب) ويعتمد علي 4 قطب للسرعات العالية كما توجد لبعض المحركات ملفات مجال ويتم توصيلها علي التوالي أو التوازي مع ملفات المحرك الرئيسية لتسمح بجهد التشغيل (110 / 220 ف) فالجهد القليل يمثل توصيل الملفات توازي بينما 220 ف تأتي للتوصيل علي التوالي.

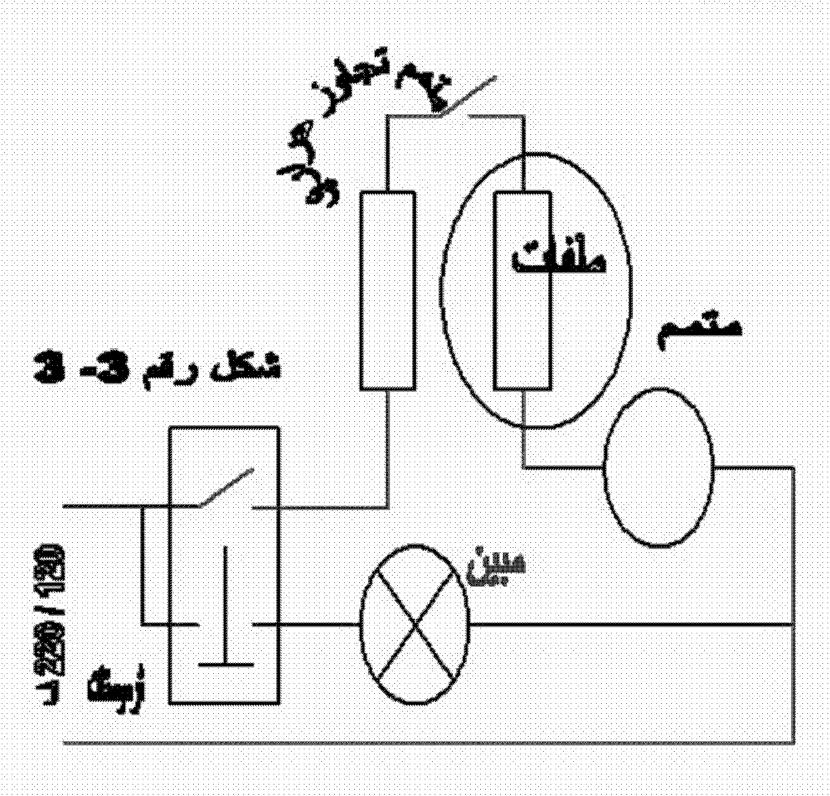
الجدول رقم 3-6 : مقننات السرعة التشغيلية والتزامنية للمحركات المستخدمة في التبريد والتكييف

عدد الأقطاب السرعة (لفة / ق)	25 هيرتز تزامنية / تشغيل	50 هيرتز تزامنية / تشغيل	60 هيرتز تزامنية / تشغيل
2 قطب	1500 / 1450	3000 / 2850	3600 / 3450
4 أقطاب	750 / 700	1500 / 1450	1800 / 1750

ثانيا: المواصفات التخصصية

تشمل هذه الصفة من المواصفات التخصصية بعض المقننات القياسية لعدد من المعاملات الجوهرية الفنية والتي تدخل في الدوائر الكهربية داخل تخصص التبريد والتكييف، ومن أهمها يأتي تيار البدء Starting Current وهو نجده في لحظة توصيل التيار للمحرك فقط حيث لا يظهر جهد متولد داخلي أو قد يظهر بقيمة قليلة جدا وغير محسوسة ومن ثم نحتاج إلي دائرة بدء تحول هذه القيمة القليلة إلي قيمة عالية تساعد علي بدء حركة المحرك ولهذا نعمل علي استخدام مقاومة مابالداخل نغيرها (أو تتغير تلقائيا)مع بدء التشغيل بصورة مفاجئة تساعد علي توليد تيار عالي (2 – 6 التيار المقنن) ولكن لفترة قصيرة وهو ما يسمى تيار القصر للعضو الدوار (Locked Rotor Amperage)، ومن ثم يهبط الجهد

في فترة البدء ومع تكرار هذه العملية ترتفع درجة حرارة ملفات المحرك والتي تزيد فيها القدرة عن نصف حصان. من هنا يلزم اختيار المصهر كي يتحمل ظروف بدء حركة المحرك بتياره المرتفع كما يجب ضبط أجهزة الوقاية كي تعمل علي الفصل التلقائي ولكن بعد فترة زمنية محددة تسمح باختفاء ظروف ارتفاع التيار مع بدء الحركة ولذلك يستعان بالشريط الحراري **Heating Strip** أو المفتاح الحراري المزدوج **Bimetal Switch** .



شكل رقم 3- 3

لما كانت هذه النوعيات من المحركات هي الأكثر استخداما وتداولا في الأسواق المحلية بالدول النامية فتتناول مبدأ الصيانة والتركيب سواء للمحركات المفتوحة أو تلك محكمة الغلق أو محركات المراوح علي أساس تحديد المواصفات الأولية للمحرك وتتضمن: (نوع المحرك – جهد التشغيل – أقصى تيار مقتن كما في الجدول رقم 3- 7 والمبين لتيار القصر علي العضو الدوار – إتجاه دوران المحرك – سرعة الدوران – الدوائر الكهربية).

الجدول رقم 3- 7 : تيارمقتن وتيار قصر العضو الدوار للمحركات وحيدة الطور (بالأمبير)

القدرة (حصان)	تيار جهد 240 ف مقتن	تيار جهد 240 ف قصر	تيار جهد 120 ف مقتن	تيار جهد 120 ف قصر
6/1	2.2	13.2	4.4	26.4
4/1	2.9	17.4	5.8	34.8
3/1	3.6	21.6	7.2	43.2
2/1	4.9	29.4	9.8	58.8
4/3	6.9	41.4	13.8	82.8
1	8	48	16	96
1.5	10	60	20	120
2	12	72	24	144
3	17	102	34	204

أما الصيانة الميكانيكية فتشمل عامود الحركة وتشحيم الكراسي ورولمان البلي وكذلك صيانة السيور الناقلة للحركة من مولد الحركة إلي الطارة الثانوية ، ومن هذه السيور أنواع هي:

1 - الطارة العادية **Normal**

2- الطارة متعددة المجاري **multi groove Pulley**

3- الطارة حرف يو **U Pulley** ومنه نوعان بعرضين مختلفين تبعا للمواصفات المقننة

4- الطارة متغيرة الخطوة الحركية **Special Variable Pitch Pulley**

علي وجه العموم وبشكل موجز نستطيع تقسيم المشكلات الصيانية إلي نوعين مسستقلين هما:

1- الصيانة الكهربية

هذه الأعمال تشمل الدائرة المفتوحة أو القصر بين الملفات أو مع الأرض أو مع ملفات المجال

كما يفضل في مثل هذه العيوب مع الملفات أن يتم تغيير المحرك . وهناك عيب الزيادة الحرارية مع البدء مما يتلف معه المكثف حيث يقلل ذلك من كفاءة عزله، ولذلك يجب تغيير هذا المكثف. الصيانة الدورية التي تعني النظافة المستمرة للملفات والقلب الداخلي للمحركات المفتوحة ومسح الشحوم الزائدة جيدا لأن ذلك يطيل من عمر المحرك والتأكد من التربيط الجيد للأطراف.

2- الصيانة الميكانيكية

العيوب العامة للزيادة الحرارية كمحور ثان تأتي من الكراسي الحاملة لعامود الإدارة وهو ما يعني أنه نتج عن أحد الأسباب التالية:

1- أن زيت التشحيم المستخدم قد يكون من النوع الثقيل عن المطلوب

2- ان الزيت خفيف الكثافة عن المقنن ولذلك يجب إختيار نوعية الزيت اللازم للتشحيم كي يكون مناسبا حتي يقوم باداء عمله علي أكمل وجه (لا يكون خفيفا فيهرب الزيت من مكانه المحدد أو أن يكون ثقيلا (لزوجة عالية) فلا يتفاعل بسرعة كي يؤدي عمله بكفاءة عالية)

3- شوائب بلزيت ولذلك تستخدم الفلاتر ويجب متابعة مرشحات الزيت بصفة دورية وتغييرها بصفة مستمرة في دورتها المعتادة

4- قوة شد السير كبيرة مما يتسبب في تقليل السرعة المقننة

5- تركيب المحرك غير مستقر مما ينعكس علي توزيع القوى الناشئة مع الحركة ويرفع من قيمة الضغط علي رولمان البلي نتيجة الاهتزازات والحركات الترددية المختلفة.

6- الطارة تتحرك عكس حركة السير نتيجة الخطأ الفني في التركيب أو للتوصيلات الكهربية

من العيوب الشائعة لمحركات المراوح تبعا للتجارب والممارسات الميدانية بما في ذلك الاحصائيات العلمية والمعملية في هذا الصدد يأتي عددا من العيوب أهمها:

1- فصل ملامسات كهربية 2- جفاف الكراسي 3- احتراق الملفات
4- عطل المروحة 5- عدم اتزان المروحة
6- تلامس ريش المروحة مع الإطار الخارجي

جدير بالذكر أن محركات المراوح تستخدم دائما مع الوحدات محكمة الغلق من أجل:

1- دفع هواء التبريد بين الفتحات ومكونات وحدات التبريد أو التكييف
2- إدارة وتقليب الهواء داخل الوحدات سواء المنزلية أو التجارية ويجمع عادة المكثف الحراري مع المروحة في صندوق واحد لرفع كفاءة التبريد فيه ويجب أن تكون المروحة مستقرة ومتزنة وتدور بلا ضوضاء ويتم تركيبها عادة علي عامود الإدارة الخاص بالمحرك ولكن أحيانا تستخدم الجلبة أو الكراسي أو رولمان البلي وتتنوع الدوائر الكهربية تبعا للسرعات المتاحةوالمطلوبة حيث تبدأ من سرعة واحدة مع النوع التأثيري وحيد الطور إلي المحركات بسرعتين حيث يتم الإستعانة بممانعة أو مكثف ثم ثلاثية السرعة ويكون المحرك في هذه الحالةمن النوع التأثيري.

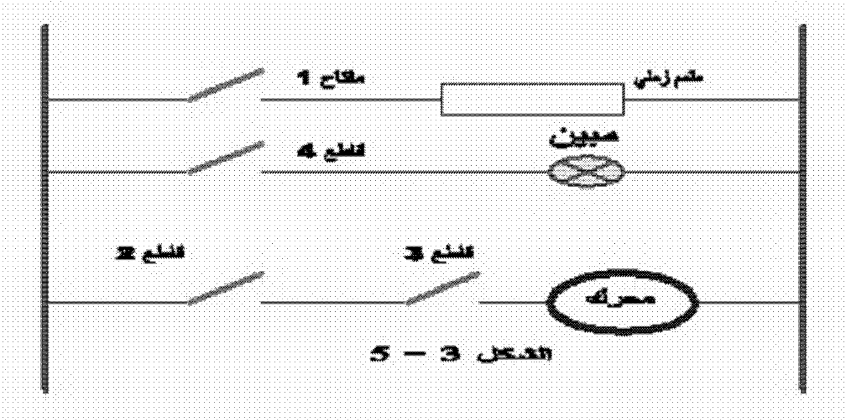
الشكل رقم 3-4

3 – 3: دوائر التحكم الآلي

تنقسم الدوائر الكهربية التي تعمل في مجالي التبريد والتكييف إلي قسمين حيث الدائرة الأولى تمثل الدائرة الكهربية الأصلية وهي المختصة بتوصيل الجهد إلي أطراف المحرك ووقايته ضد الأخطاء والأخطار، أما القسم الآخر

فهو المعني بدوائر التحكم الأوتوماتيكي وتعطي الدائرة الكهربية إما التوصيل المتتالي للمفاتيح الآلية كأسلوب تصميمي للدائرة أو أن توصل علي التوازي حيث يفتح القاطع ويوصل لتشغيل المحرك فيعمل المحرك (الشكل رقم 3- 4).

تتصف الدائرة النمطية بمكونات التحكم في قياس درجة الحرارة وتشمل أيضا مروحة المبخر أو المجمد ومحرك الضاغط ومتمم البدء ولوحة التوزيع ومكون الثلج ومحبس المياه وسخان إذابة الثلج وسخان الصرف وثرموستات إذابة الثلج ومكثف البدء ويضاف في بعض الحالات محرك مروحة المكثف ومروحة المبخر أو المكثف ومسخنات والتحكم في الرطوبة. وللتعامل مع دوائر التحكم يستخدم الاسلوب الروسي للدوائر وهو المعروف باسم الدوائر السلمية (Ladder Diagram) حيث توضع مصادر التيار علي جانبي الرسم وترسم الفروع (Branches) بينهما ليظهر خصائصه وطريقة عمله وهو ما يبسط الدوائر ويجعل أعمال الصيانة سهلا ويزيد من فهم الدوائر بشكل أسرع وهو ما نراه مثالا في الشكل رقم 3 – 5. أما بالنسبة للمحركات محكمة الغلق فالعيوب الخارجية هي الممكن صيانتها سواء في التوصيلات الكهربية أو دوائر التحكم والوقاية بينما العيوب الداخلية تحتاج إلي التغيير الكامل.



الشكل 3 – 5

أولا: الاختبارات الكهربية

تعتبر الاختبارات الكهربية من أهم المبادئ الصيانية للتأكد من صلاحية الدوائر الكهربية للعمل والتشغيل وتشمل في أبسط الصور علي : قياس القدرة – قياس التيار مع فرملة العضو الدوار – تحميل البدء – الحمل المتجاوز 1.1 من الحمل المقتن - قياس العزل – قياس السرعة- قياس مقاومة الملفات، وهي ما تتبع المقننات الواردة في الجدول رقم 3-8 كما تستخدم بعض الأجهزة الدقيقة الخاصة بهذه القياسات.

الجدول رقم 3-8 : مقننات مقاومة الملفات للمحركات 120 ف (الأوم)

القدرة (حصان)	مقاومة لفات التشغيل	مقاومة ملف البدء
8/1	4.7	18
6/1	2.7	17
5/1	2.3	14
4/1	1.7	17

من المظاهر الهامة تلك التداخلات بين الدوائر الكهربية مع الدوائر الإلكترونية مثل دوائر الراديو والتليفزيون حيث يظهر في حالات كثيرة تداخلا بسيطا مع بعض المبردات وعادة ما يظهر ذلك مع بدء حركة المحرك أو عند توقفه عن العمل آليا وذلك بطبيعة الحال ينتج عن ظهور الموجات التوافقية في الفترتين (بدء الحركة والتوقف عن الحركة)، ويمكننا التغلب علي ذلك أو تقليل تأثيره من خلال التوصيل الجيد لجسم المحرك والضاغط بالأرض حتى يكون التأريض سليما لأن تأثيره قليل ويكاد أن يكون لحظيا أو من الناحية الأخرى يمكن تركيب مكثف بين جسم المحرك والأرض وفي جميع الأحوال يمكن إهمال هذا التداخل البسيط

التداخل المستمر يعني وجود توصيلات معيبة غير جيدة التربيط أو عيب في نظام المحرك بما في ذلك تأثير الجلبة أو رولمان البلي والفرشاة الكربونية والمجمع أو تربيط جسم المحرك غير جيد كما أنه تتجمع الشحنات الساكنة وتتراكم علي السير فيتم التفريغ عند تلامسها مع الطارة فتحدث التداخل وعموما فإن عملية التأريض السليم تمنع ظهور هذا

التداخل، وهناك مكانا ثابتا في كل محرك ومحدد كي يتم منه التأريض طبقا للمواصفات القياسية.

ثانيا: نظم التحكم

من الضروري ضمان التشغيل الآمن والمستقر للدوائر الكهربية تحت كل الظروف العادية والطارئة بل وفي فترات القصر الكهربي سواء كان ذلك بالنسبة للمعدات والأجهزة أو بالنسبة إلي الأفراد خصوصا وأن هذه الأجهزة يتداولها ويتعامل معها الأشخاص العاديون وغير المتخصصون مما يلقي بالعبء علي المصمم لهذه الدوائر أن يعطي الأمان التام لها حماية للأفراد المتعاملين مع هذه الأجهزة، وهناك عددا من مستويات النظم المتبعة للتحكم في هذا الميدان وهي:

المستوى الأول: المساحة تحت التكييف

هي تلك المساحة التي تتطلب درجة حرارة محددة أو مدى معين لتغير درجة الحرارة وكذلك متعلقات هذه الحرارة مثل الضبط للضغط الجوي داخل المساحة تحت التكييف بجانب نسبة الرطوبة في الهواء .

المستوى الثاني: أجهزة التشغيل

هو مايمثل تلك الأدوات التي تعمل بصورة مباشرة داخل المنظومة وهي عادة متكاملة معا وتعرف باسم الدورة المتكاملة للتشغيل أو الميكانيزم حيث يتطلب ضبط التشغيل من خلال المحابس أو أدوات الإخماد أو المراوح أو الضواغط.

المستوى الثالث: أجهزة التحكم

تتمثل أجهزة التحكم التي تستشعر أي تغير في معاملات ضبط الكميات المختلفة تحت التحكم وهو ما يتم كشفه بالكشافات والترمومتر والتحكم في المحركات والضغط والرطوبة وتوزيع الهواء وحركته داخل المساحة أو داخل المبخر والمكثف حسب الأحوال .

يعتمد التحكم علي أسلوب الدائرة المغلقة (Closed Loop) أو أسلوب التغذية المرتدة (Feedback) وهي تلك الدائرة التي تحتوى علي إمكانية التحكم لضبط معامل ما وبصفة تلقائية ومستمرة حيث في حالات التكييف يتم التحكم في درجة الحرارة من خلال الترموستات بينما الضاغط يعبر عن جهاز التشغيل وليس التحكم .

ثالثا: أنواع أجهزة التحكم

تتنوع أجهزة التحكم في الإطار العام إلي أربعة أنواع يمكن إختصارها كما هو تالي:

النوع الأول: مفتاح مزدوج الوضع Double Position (ON–OFF)

يتمتع هذا النوع بالانتشار الواسع مثل تلك النظم المتبعة في الثلاجة المنزلية وهو ما يعمل مع الثرموستات العامل فصلا وتوصيلا آليا ويتميز بعدد من المزايا مثل :

1-يمكن ضبط مدي تغير درجات الحرارة وهو عادة يتراوح بين الحدين الأعلى والأدنى بقيمة (10 – 15 ْم) و (12 – 17 ْم) علي التوالي .

2- يمكن ضبط درجتين مئويتين عند نفس مستوى الضغط أي أن التباين بين الحدود القصوى والدنيا سواء بالنسبة لدرجة الحرارة أم للضغط فمثلا نستطيع تغيير المدى إلي 10 – 17 بدلا من 10 – 15 ْ م المحددة تقنيا.

3-يمكن ضبط الوضع تبعا للواقع الفعلي ومن المتاح أن يكون النظام متقدما (التباين المرغوب أكبر من الفعلي)أو متأخر أي عكس المتقدم.

النوع الثاني: نظام التوقيت Timed ON / OFF

يحتاج هذا النظام إلي التباين واسع المدى ومنه يمكن تقليل فترة التشغيل بإضافة معجل anticipator مع الثرموستات وهو ما يعمل علي تسخين موقعي الثرموستات فيجعله يفصل قبل الوصول إلي الحرارة الفعلية مؤديا إلي ترشيد إستهلاك الطاقة الكهربية.

النوع الثالث: نظام التغير Variable Style

هنا يتغير الوضع تدريجيا بين حدي التوصيل والفصل إلي أن يصل إلي أي منهما فيتم الوصل أو التوصيل حسب الوضع.

النوع الرابع: أسلوب التناسب Proportional

يعتمد هذا النظام علي التغير الأكبر بالتناسب مع إشارة منقولة تبعا لدرجة الحرارة تغيرا وليس قيمة فيمكن الوصول إلي الدرجة المرغوبة (set point) أو الوضع الذي يتم الضبط عليه (control point)، كما أنه يتواجد نظاما منه متطورا وهو طريقة التسلسب مع إعادة الوضع آليا Proportional with Automatic Reset وهو ما يسمح بالحفاظ

علي الوضع المرغوب واقعيا وذلك من خلال الاستشعار المسبق للوضع ويستخدم في كل من التكييف والتبريد وهو الأسلوب الذي يفتح المجال أمام المزيد من التطوير في هذا التخصص.

4-3: دوائر التبريد Cooling Circuits

تتنوع أيضا الدوائر الكهربية لكلا من التبريد والتكييف بشكل واسع وبصفة متطورة باستمرار وحيث أننا هنا بصدد مبادئ العمل مع هذا التخصص الذي يعرف بأنه تخصص كهروميكانيكي أي أنه يشمل كلا من التخصص الكهربي والتخصص الميكانيكي وبالتالي يتمكن أي من مهندسي الكهرباء أو مهندسي القوي الميكانيكية من التعامل مع مثل هذا التخصص المزدوج وكان مهما أن نحدد التقنيات بهذا الفصل خصوصا وأن مبادئ هندسة التكييف لا تدخل في مناهج التعليم الهندسي لتخصص الكهرباء بكل الشعب الداخلية به وكان من الضروري التعريف بهذا التخصص وتقريبه للمهندس كي يتقدم ويتعامل مع تخصص التكييف ببساطة وفهم كامل. تنحصر الدوائر الكهربية في طرازين هما الدائرة العادية والأخري العكسية.

النوع الأول: الدائرة العادية
Normal Cooling Circuit

تعتمد دائرة التبريد علي نوعية أداء الجهاز المناط به العمل وحيث أنه يتواجد أكثر من نوع فنبدأ هنا بالدائرة العادية ويقوم بها الجهاز العادي أيضا وله دورة حرارية تمثل دائرة التبريد العادية والتي تواكب أجهزة تكييف هواء الغرف عموما وتتكون من دائرة تبريد وماسورة شعرية ومجموعة من الملفات حولها زعانف كمكثف تبريد، إضافة إلي مروحة لتحريك الهواء خلال مواسير وزعانف المبخر ومروحة ثانية للمكثف وعادة تدار المروحتين بمحرك كهربي واحد له عمود إدارة ممتد من الجهتين وعلي كل منهما أحد المروحتين، كما يشتمل الجهاز علي جهاز ضبط حراري (ثوموستات) وبعض الملحقات. ولا ننسي أن الجهاز يستقبل الهواء الجوي ومن ثم لا بد من ترشيح الهواء قبل دخوله الدورة ويتم ذلك باستخدام مرشح هوائي (فلتر) علاوة علي تواجد سخانات كهربية توضع في طريق خروج الهواء للتسخين في فترات البرودة، وجدير بالذكر أن هذه

الدورة الحرارية تتم بالاستعانة بغاز مركب التبريد الفريون – 22 بجانب أن هناك أنواعا من الدورات الحرارية المعروفة باسم صديقة البيئة.
يتم توصيل المحرك الكهربي مباشرة مع عامود إدارة الضاغط وهما مثبتان داخل جسم واحد لأن الضاغط من النوع المغلق (محكم الغلق) والغلاف لهما من الصلب ويتم ملئ الغلاف هذا بزيت التزييت ومن خصائصه عدم الحاجة إلي التغيير أو الإضافة ولذلك لا يجوز فتح الضاغط المغلق إلا إذا كان قد انتهى عمله تماما (عمره الفعلي للأداء) ويتم تبريده بواسطة بخار مركب التبريد الذي يمر فوق الملفات عند سحب هذا البخار من المبخر أثناء دورة التبريد السابق شرحها. أما المكثف فهو الذي يستقبل الغاز المركب الساخن من الضاغط وينقل الحرارة الموجودة بالغاز إلي الهواء المحيط به بدفع حركة الهواء الناتج عن مروحة المكثف فيتكاثف ويتحول إلي سائل تحت ضغط عال وبالتالي يدفع في الأنابيب الشعرية لتنظيم كمية سائل التبريد المتحول من بخار تدخل إلي المبخر تبعا للحاجة، أما المبدل الحراري فيتكون من جزء الأنبوبة الشعرية الملاصق لخط أنبوبة السحب حيث تنتقل حرارة جزئية من سائل مركب التبريد إلي بخار التبريد داخل ماسورة السحب فتزيد من كفاءة أداء دائرة التبريد.
بالنسبة للمبخر حيث يدخل سائل مركب التبريد ونتيجة للإمتصاص الحراري من هواء الغرفة فيندفع فوق ملفات أنابيب المبخر المحيطة بمروحة المبخر فتسحب البخار من المبخر وتبدأ الدورة من جديد لأنها دورة مغلقة، ومرشحات الهواء تقوم بترشيح الهواء قبل دخوله إلي الجهاز وهي نوعان: الأول دائم الاستعمال أو الثاني الذي يحتاج إلي تغيير كل فترة زمنية حسب المناخ الجوي وحالة الهواء بالمنطقة وتلجأ التصميمات الحديثة للنوع الأول وهو مصنوع من الشبك الألومونيوم داخل إطار معدني أو بلاستيك رغوي وتغطي هذه الأنواع بزيت معدني لزج لا رائحة له وذلك من أجل منع ذرات الأتربة والعوالق من الدخول إلي الجهاز ويمكن تنظيف المرشح كل دورة زمنية (شهر) بمنظف عادي مع المياه لتحسين مستوى وكفاءة أداء الجهاز. كما يلزم إزالة الرطوبة المتكاثفة علي أنابيب وزعانف المبخر وهي رطوبة زائدة وتتساقط في حوض لتنساب إلي أسفل المكثف لتتبخر فتزيد من كفاءة دورة التبريد.

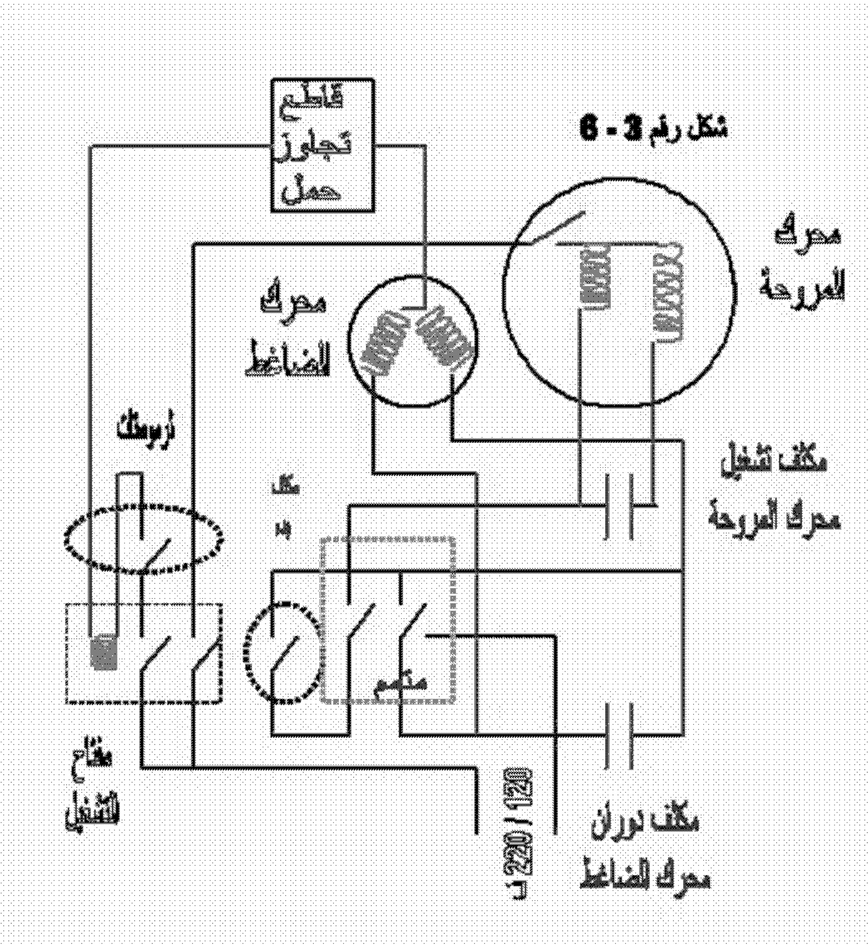
لما كان الضاغط والمحركات الخاصة بالمراوح كلها تعمل بالتيار الكهربي وبالتالي أصبح لزاما أن نتطرق إلي الدوائر الكهربية الخاصة بجهاز التكييف ككل وهنا الضاغط ينبثق عنه نوعان فالأول هو الذي يتم توصيل ملفات تقويمه معه والدوران بصفة مستمرة كسعة (Capacitor) أو اختصارا باسم CSR أو من النوع الذي يجهز بأسلوب PSC مع ضرورة تجهيز المحركات بملف خانق Choke Coil لتنظيم سرعة محرك المروحة (أحيانا) بجانب القواطع الآلية لتجاوز الحمل (بصفة أساسية)، أما المحركات الأخرى التي تخص المراوح سواء للمبخر أو المكثف فيلزمها بادئ مناسب للتيار والدائرة الكهربية يجب أن تشتمل علي ثرموستات Thermometer لتنظيم درجة الحرارة بجانب قاطع آلي يعمل علي زيادة التيار وهو مفتاح مخصص للجهاز ويكون بمقتن الجهاز كهربيا.

أولا: النوع الأول من الضواغط CSR

حيث أن الدائرة الكهربية تعمل تلقائيا لتنظيم درجة حرارة مكان ما بطريقة آلية فيلزم التنويه عن ضرورة تركيب مرحل لبدء الدوران Starting بالنسبة للضاغط من النوع الأول CSR وهذا المرحل Relay منه طرازان فأولهما يعتمد علي زيادة التيارOver Current والثاني يعتمد علي هبوط الجهد Under Voltage وفي الحالتين يتم فتح الدائرة الكهربية آليا بما في ذلك ملفات التقويم الخاصة ببدء الدوران ويمكن توضيح عملهما كما يلي:

المرحل الأول: متمم زيادة التيار Over Current Relay

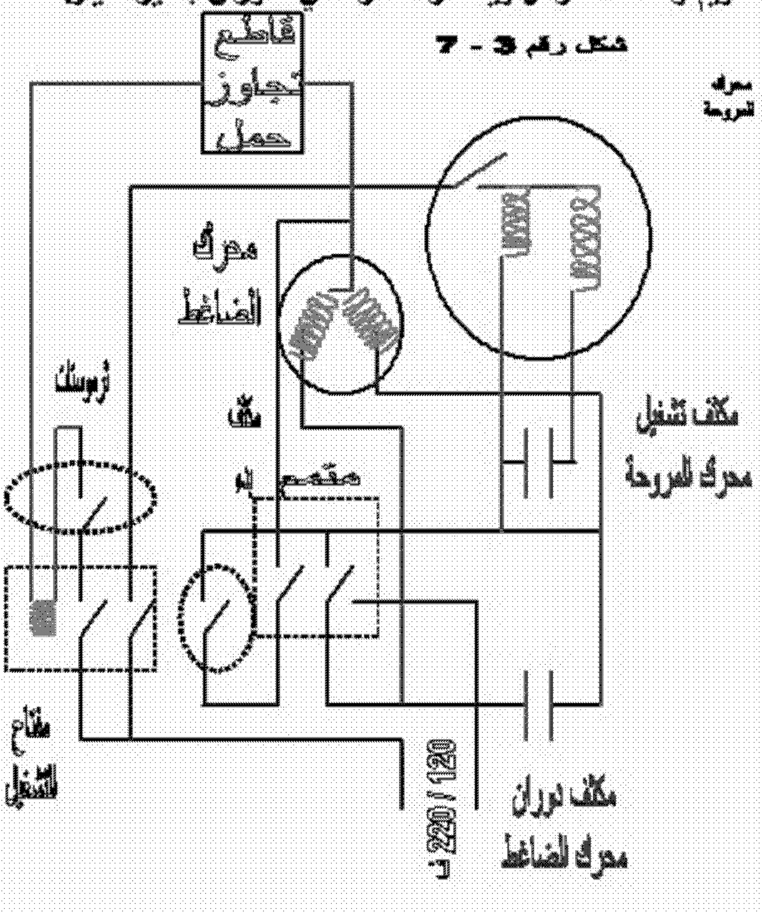
يعرض الشكل رقم 3 ـ 6 الدائرة الكهربية وبها هذا النوع من المتممات (زيادة التيار) حيث يوصل مع ملفات دوران الضاغط (Running) فيتم فصل الملامسات عند توقف الضاغط عن الدوران وتكون في الوضع ON وعندما يبدأ المحرك في التشغيل من خلال المفتاح الخاص به يمر التيار في الملفات فتسبب توصيل الملامسات فيمر التيار في ملف التقويم وعند وصول المحرك إلي سرعته العادية يقل التيار المار في المتمم عن تيار البدء فيفتح الملامس الخاص به مع استمرار المحرك في الدوران.



المرحل الثانى: متمم بهبوط الجهد
Under Voltage Relay

يعرض الشكل رقم 3 – 7 الدائرة الكهربية مع متمم هبوط الجهد وملف هذا المتمم كما يبين من الشكل أنه موصل على التوازي مع ملفات تقويم

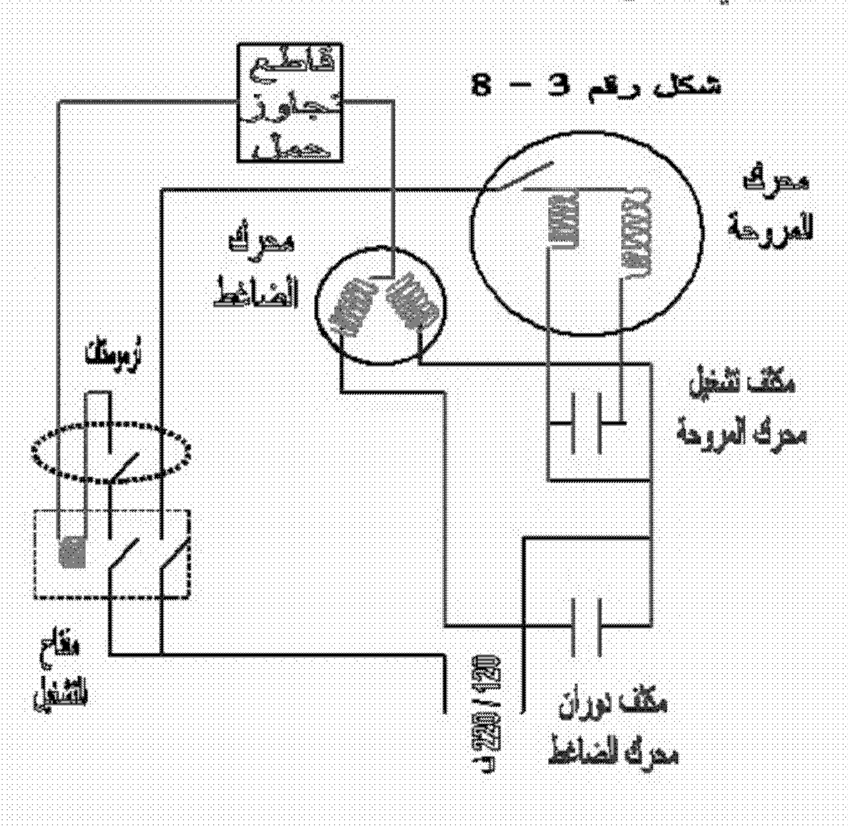
المحرك الخاص بالضاغط وعند توقف المحرك تغلق ملامسات المتمم (NC) ومع قفل مفتاح التشغيل وقطع توصيل الملامسات الخاصة بالثرموستات حيث يكون الجهد غير كافيا لرفع قلب المرحل فتظل الملامسات مغلقة وعند بدء التشغيل يتم توصيل ومرور التيار بملفات التقويم وملفات المرحل ويستمر المحرك في الدوران بتأثير التيار.



شكل رقم 3 - 7

ثانيا: النوع الثاني من الضواغط (PSC)

هذا النوع حيث يتم توصيل محرك الضاغط مع ملفات التقويم والدوران بصفة دائمة كما توضح الدائرة الكهربية الخاصة بهذا النوع في الشكل رقم 3– 8 حيث لا يتواجد متمم لتقويم محرك الضاغط لأنها تعمل بدون الحاجة إلي عزم عالي لبدء الدوران حيث يتعادل جهتي الضغط (عالي ومنخفض) عن طريق الأنبوبة الشعرية وبذلك يمكننا تجنب مشاكل مرحل بدء التشغيل وهذا السبب الذي أعطى إشارة الانتشار لهذا الطراز من الدوائر لإنخفاض سعره في الأسواق.



شكل رقم 3 – 8

ثالثا: حماية محرك الضاغط Protection

تتم حماية المحركات عموما ضد زيادة التيار المفاجئ والتيار المتزايد زمنيا ولذلك يلزم تركيب قاطع تيار لحماية المحرك ومن أهم هذه الأنواع يأتي متمم تجاوز الحمل Over Load ويمكن تركيبه إما خارج جسم المحرك والضاغط أو داخل ملفات المحرك داخليا ونلقي مزيدا من الضوء عنهما:

1- التركيب خارج المحرك والضاغط
External Mounting

يقدم الشكل رقم 3 – 8 مكان هذا المتمم بالدائرة ويتكون من مزدوج معدني Bimetal بجانب مسخن كهربي صغير داخل غلاف المتمم Envelope وعادة يتم تركيبه فوق جسم المحرك والضاغط له أطراف Terminals يتم توصيلها علي التوالي In Series مع ملفات التقويم ودوران المحرك وهذا المتمم يفصل الدائرة إذا ما زادت درجة الحرارة لمدة محددة مقابل كل نسبة زيادة عن الحمل المقنن وهذا القطع يعود آليا مع انخفاض درجة الحرارة مرة أخرى. ويتأثر هذا المتمم الحراري باستمرارية قطع وتوصيل التيار تكراريا سواء يدويا أو آليا لتلف المكثف الخاص ببدء التشغيل كما يتأثر بزيادة مدة دوران المحرك لفترة طويلة تسبب زيادة ملحوظة في درجة الحرارة.

2- المرحلات الداخلية Internal Mounted Relays

يتم تركيب هذا النوع داخل المحرك ويتم توصيله علي التوالي مع ملفات التقويم والدوران ويقوم بنفس عمل المرحل السابق ويعمل عند درجات حرارة عالية حيث يفصل المحرك إذا وصلت درجة حرارة ملفاته إلي 229 ° ف حيث أنه يستهلك ما يقرب من دقيقتين لخفض درجة الحرارة بعد التشغيل ومن ثم يلزم الانتظار حتى نصل إلي الحرارة المنخفضة اللازمة لإعطاء أمر تشغيل المحرك كي تكون الفرصة قد أصبحت مهيأة لتعادل الضغط داخل دائرة التبريد ولكنه إذا فصل آليا بسبب تجاوز الحمل لا بد من الانتظار ما يقرب من الساعة كي يتم التوصيل مرة أخري وإلا لزم الاستعانة بتبريد خارجي (مراوح مثلا) لتقصير هذه المدة.

ثالثا: المكثفات Capacitors

تتعدد أنواع المكثفات المستخدمة في الدوائر الكهربية الخاصة بأجهزة التكييف إلي ثلاث أنواع جوهرية نوجز لها السطور التالية:

1- مكثف البدء Starting Capacitor

تحتاج عادة المحركات إلي مساعدة لبدء الدوران نتيجة الحاجة إلي عزم كبير وعادة ما يستخدم البادئ من النوع المكثف وفي دوائر التبريد يركب هذا المكثف والتي يكون معها أيضا متمم تقويم وهذا الأسلوب جاء في الشكل رقم 3 – 1 و 3 – 2 الخاصة بنوع الضاغط CSR وفي الشكل رقم 3 – 15 للنوع الثاني من الضواغط حيث يسبب هذا المكثف عند بداية الدوران زاوية كهربية مختلفة Angle بين معاملي العزم فتساعد علي زيادة العزم Torque وهذا لا يستغرق زمنا طويلا ولذلك هذا المتمم يفصل البدء بعد الوصول إلي السرعة المقننة Normal Speed ويحتاج هذا المكثف إلي مقاومة Resistance 2 وات بقيمة (1.5 – 1.8 ك. أوم) كما بالرسم لمنع تفريغ التيار بين ملامسات المتمم وبالتالي تلفها السريع ومكثف التقويم عادة صغير الحجم بالنسبة لمكثف الدوران حيث مكثف الدوران يحتاج إلي مزيد من التوضيح نتناوله بصورة مبسطة.

2- مكثف الدوران Run Capacitor

يظهر مكثف الدوران في جميع دوائر التبريد التي تحتوي علي أي نوع من الضواغط وهو يشترك في دوائر الضواغط الموصلة مع ملفات التقويم والدوران كما في الشكلين 3 – 13 و 3 – 14 أو توصيله مع الضواغط PSC (الشكل رقم 3 – 15) كما يتم توصيل هذا المكثف مع محركات المراوح كما في الشكل رقم 3 – 13 و 3 – 14 و 3 – 15 وهو يصنع من رقائق الألومونيوم والورق العازل كما سبق التوضيح ويملأ بالزيت العازل ويصمم للتشغيل الدائم وهو يسبب زاوية فرق كهربية لتزيد من العزم عند بدء الدوران كما أن المكثف يعمل علي تحسين معامل القدرة للدائرة عموما ويرفع من كفاءة المحرك ويتم حمايته بالمصهر في أغلب الأحوال كما أن سعة هذا المكثف صغيرة ولكن حجمه أكبر من مكثف التقويم.

3- مكثف الدوران مزدوج السعة

هذا النوع من المكثفات وهو مزدوج السعة حيث الأول له سعة عالية يتم توصيله مع الضاغط ويعمل مكثف دوران بينما الآخر بسعة صغيرة ويوصل مع المحرك الخاص بالمروحة ويقوم بعمل مكثف الدوران العادي.

رابعا: مفتاح التشغيل والتحكم Master Control

يعمل المفتاح Selector Switch بدائرة أجهزة التكييف ومتنوع الأصناف تبعا لعدد الأطراف وتوصيلاته الداخلية وهذا يعتمد علي أسلوب التحكم Control (الشكل رقم 3 – 13، 3 – 14، 3 – 15) ولذلك منه نوعان الأول يعمل بيد تتحرك Knob دائريا والثاني بمجموعة من الأزرار Push Buttons

خامسا: الملحقات الحرارية

نتعامل مع الانتقال الحراري ورفع أو خفض حراري في مكان ما وعادة ما يكون مغلقا ومن ثم نلجأ إلي التعامل التلقائي في التشغيل والفصل عند الضرورة وتتضمن هذه العمليات الوسائل الأساسية التالية:

1- المنظم الحراري Thermostat

يتم تنظيم درجة الحرارة Temperature Regulation وضبط قيمتها من خلال الترموستات كما أنه يتحكم Control في تشغيل وإيقاف المحرك الخاص بالضاغط فقط ولكنه لا يؤثر علي تشغيل المروحتين ومنه نوعان الأول ما يسمي بالانتفاخ الحساس Bulb حيث يكون عبوة ممتلئة بخليط من سائل وبخار مركب تبريد Cross Ambient Liquid/ Vapor filled ولذلك يجب أن مثلا بزاوية في حدود 15° تأكيدا علي وجود السائل أسفل ليغمر فتحة الأنبوبة الشعرية الخاصة بالترموستات وهو لا يتأثر بأية عوامل خارجية. أما النوع الثاني فيكون الانتفاخ عبارة عن أنبوبة شعرية ملفوفة علي هيئة ملف ومملوءة ببخار مركب التبريد Coiled Capillary / Vapor filled وتركب لتلامس سطح المبخر وفي مجرى الهواء الداخل إلي الجهاز والراجع من الغرفة حيث أنه يتأثر بدرجة حرارة كل من الهواء والمبخر، وإذا ما تكونت طبقة ثلجية (Frost) علي سطح المبخر تنخفض درجة الحرارة فيبطل هذا الترموستات تشغيل الضاغط ويمنع في نفس الوقت تراكم الثلج علي سطح المبخر.

2- محرك المروحة Ventilation Motor

تتنوع المحركات الشائعة ومن أهمها النوع الموصل بملفات التقويم والدوران بمكثف دائم وهو عالي الجودة أو استعمال محركات ذات أقطاب مساعدة **Shaded Pole** وهذا المحرك عادة يقوم بتشغيل المروحتين وذلك بالتركيب علي طرفي عامود الإدارة من جهتيه والمروحتين من الأهمية البالغة لتوازن التوزيع الحراري والحفاظ علي مستوى الأداء الحراري بطريقة سليمة.

3- السخانات Heaters

تتوافر في بعض الأنواع من أجهزة التكييف سخانات كهربائية لتعمل علي تدفئة الحجرات في أوقات البرودة للهواء المحيط وهي سخانات كهربية من النيكل كروم الحراري بجانب العوازل الكهربية والحرارية اللازمة ويتم تركيبها عادة أمام مروحة المبخر أو خلف المبخر نفسه وللسخان وصلة منصهرة مثل المصهر تتصهر عند درجة حرارة **150**ْ ف لوقاية الجهاز ككل إذا تلفت المروحة واستمر السخان في العمل لأي من الأسباب.

سادسا: الملف الخانق Choke Coil

يقوم هذا الملف بتخفيض سرعة محرك المروحة ويعمل كمقاومة لتقليل الجهد ويتبعه السرعة.

الدائرة الثانية: الدائرة المعكوسة Reverse Circuit

تختلف الأجهزة الحديثة عن تلك القديمة في أن القديمة كانت تحتوي علي سخانات كما سبق التوضيح أما نحن هنا بصدد الأنواع الحديثة منها حيث أن الأجهزة الحديثة تعمل علي تسخين الهواء بالحجرة دون اللجوء إلي السخانات بل بعكس اتجاه مرور مركب التبريد داخل دورة التبريد من خلال صماما عكس **Reverse Valve** والذي يتكون من صمام عادة ما يكون ملف كهربي **solenoid** للتحكم بجانب آخر مرشد **Pilot** وثالث عاكس ففيه يقوم الجهاز بتنظيم الدورة لتعمل علي أساس الدورة المعكوسة **Reverse Cycle** ويتم شرح ذلك من خلال النقاط المحددة في هذا الفصل. عند موضع مفتاح التشغيل علي وضع التبريد لا يمر التيار بملف الصمام العاكس ويجذب الياي المتصل به ويتسرب بذلك مركب التبريد الموجود في الحيز إلي أنبوبة الضغط المنخفض أي السحب بينما يرتفع

الضغط في الحيز الأخر. بالتالي تكون الدورة ملائمة للتبريد بينما تصبح الدورة معكوسة ويتم ذلك من خلال بعض التقنيات.

أولا: عملية التدفئة

موضع التدفئة وفيه يفتح الملف الكهربي للصمام العاكس مع المرشد وبالتالي الصمام الثاني يقفل ويتسرب مركب التبريد إلي ماسورة الضغط المنخفض (السحب) فيرتفع في الحيز الموجود من الصمام العاكس وتنعكس بذلك دورة التبريد وفي هذه العملية ينعكس دور المبخر ليصبح مكثفا والمكثف ليكون مبخرا فترتفع درجة الحرارة.

ثانيا: منظم إذابة الثلج De Ice Control

عادة ما يتكون ويتراكم الثلج (فروست Frost) علي ملف الأنابيب الخارجي بجهاز التكييف بالدورة المعكوسة وذلك أثناء عمليات التدفئة وهذا التراكم يمثل عائقا حراريا أمام عمليات الانتقال الحراري المطلوبة فيقلل من كفاءة التشغيل ولهذا يجب التغلب علي هذه المشكلة ويتم هذا من خلال منظم لإذابة هذا الثلج المتراكم ويعمل بطريقة تلقائية حيث يعكس حركة مركب التبريد بهذه المنطقة فيذيب الثلج المتراكم. ومن هذا المنظم نوعان: الأول عبارة عن قرص حراري حساس يتم تركيبه حيث يوضع فوق دوران الأنابيب الخاصة بالمكثف وهو يتأثر بدرجة حرارة مركب التبريد داخل أنابيب المكثف وينظم ذلك من خلال فتح وغلق ملامسات مخصصة له، كما أنه مع انخفاض درجة الحرارة (+ 25° ف) تفتح الملامسات لتفصل دائرة الملف الكهربي والخاص بالصمام العكس ومحرك المروحة فيسمح بمرور مركب التبريد داخل الدائرة في الاتجاه العادي (غير المعكوس) ومن الجهة الأخرى مع درجة الحرارة العالية (+ 65° ف) تتلامس ملامسات المنظم ويصل التيار الكهربي إلي الملف الكهربي الخاص بالصمام العاكس ويدور المحرك ويعكس اتجاه مرور مركب التبريد داخل الدائرة ليقوم الجهاز بعملية التدفئة .

أما النوع الثاني من المنظمات يتكون من منفاخين بكل واحد أنبوبة حساسة وبالتالي تتلامس أحدهما مع سطح أنابيب الملف الخارجي وتتأثر بدرجة حرارة مركب التبريد داخل الأنابيب والأخرى تتأثر بدرجة حرارة الهواء المار في أنابيب الملف الخارجي عندما يوضع مفتاح التشغيل علي وضع

التدفئة وفي حالة عدم وجود ثلج متراكم علي ملف الأنابيب الخارجي فتكون الدائرة مغلقة لتمدد المنفاخين وعندما يتكون الثلج في البداية وبدرجة 32° ف وتبعا لنسبة الرطوبة تنخفض درجة الحرارة وينكمش المنفاخين عن طريق الأنبوبتين الحساستين حتى تفتح ملامسات المنظم وبذلك لا يصل التيار الكهربي إلي محرك المروحة وملف الصمام العاكس فيتم تغيير اتجاه حركة مرور مركب التبريد ويدفع غاز مركب التبريد الساخن إلي الأنابيب ويتوقف المحرك الخاص بالمروحة ويمتنع عن دفع الهواء الساخن إلي الغرفة، ومع ذوبان الثلج المتراكم يتمدد المنفاخين وتتكرر العملية السابقة من جديد.

3 – 5: تكنولوجيا التبريد والتجميد

يحتاج الإنسان منذ القدم إلي وسائل فعالة لحفظ طعامه كي يستطيع تخزينه واستخدامه خصوصا وأن الأغذية كلها كانت زراعية وكانت هذه الزراعات كلها موسمية ولا تتوافر علي مدار العام. وازداد احتياج الإنسان لحفظ الأغذية تدريجياً بظهور التجمعات العمرانية التى بدأت تلجأ إلي استيراد أنواعا معينة من بعض الأغذية التي تتوافر في المناطق المحيطة أو تلك القريبة، مما يلزم حفظ هذه الأغذية لبعض الوقت لضمان وفرتها في فترة زمنية معقولة فكانت الحاجة إلي مخازن عملاقة لحفظ الأغذية وخصوصا تلك الواردة من أماكن إنتاج هذه الأغذية فى المناطق المختلفة سواء كانت قريبة أو بعيدة وذلك أما لفترات قصيرة الأجل أو طويلة مع ضمان سلامتها وصلاحيتها للاستخدام الآدمي.

نظرا لهذا التطور فى حاجة الإنسان من أجل حفظ طعامه ذلك الفضل فى وجود صناعة التبريد (بل والتجميد) وتطورها السريع لتواكب هذه الحاجة الملحة لتغطية الاستهلاك البشري، ولما كانت الحضارة الإنسانية منذ القدم قد توصلت لعدة طرق لحفظ الأغذية مثل التجفيف (البلح والمشمش والعنب والنعناع وغيرها)، وأسلوب التدخين (الأسماك واللحوم) بجانب التخليل كما هو فى العديد من أنواع المخللات (الخيار والفلفل والليمون)، والتمليح مثل حفظ الأسماك واللحوم، وكانت معظم هذه الطرق تصلح فقط لبعض أنواع الأغذية ولا يمكن تعميمها. تؤدى كل هذه الطرق إلى تغير شكل ومذاق الأغذية ولا تصلح لحفظها فى صورتها ومذاقها الأصلى وهو ما

يعتبر أحد العيوب الرئيسية الناتجة عن أسلوب التخزين للأغذية بشكل عام، علاوة علي أن حفظ الأغذية قد لا يصلح إلا لفترات زمنية محدودة.
في أوائل القرن التاسع عشر تم ظهور طريقة التعليب لحفظ الأغذية في فرنسا وتمكنوا من حفظها لفترات زمنية طويلة نسبيا، إلا أن الأغذية المعلبة تعانى من ضرورة الطبخ الزائد لضمان تعقيمها، أو اللجوء إلي إضافة بعض المواد الكيميائية مما قد يضر بصحة المواطن بجانب تغيير مذاقها، أي مخالفة المواصفات القياسية للسلعة.
بظهور صناعة التبريد أخذ حفظ الأغذية بعداً جديداً من حيث الكم والنوع وأصبح التبريد واحدا من أهم الطرق شيوعاً لتخزين الأغذية لما له من مميزات فى المحافظة على شكل ومذاق الأغذية إلي حد ما نسبة إلي بقية التقنيات، بالإضافة إلى حفظها لفترات زمنية أطول من التعليب، وإمكانية استخدام هذه الطريقة لكل أنواع الأغذية تقريبا، كما تدخل صناعة التبريد فى حفظ الأغذية بالوسائل الأساسية الآتية:

1 ـ حفظ الأغذية بمخازن تبريد كبيرة، أو ثلاجات العرض، أو فى مبردات ومجمدات تجارية ومنزلية.

2 ـ نقل الأغذية المبردة والمجمدة من مكان إلى آخر بوسائل نقل مزودة بنظم تبريد.

3 ـ عمليات تصنيع الأغذية المختلفة وما تحتاجه هذه العمليات من تبريد أو تجميد مناسب.

التغير بين الحالتين السائلة والغازية عند درجة حرارة تعتمد على الضغط فى المدى بين نقطة تجمده ودرجة حرارته الحرجة ، فعند الغليان يجب أن يحصل السائل على الحرارة الكامنه للتبخر وعند التكثف تخرج الحراة الكامنه مرة أخرى كما تعتمد دورة التبريد الاساسية على الغليان والتكثف.فمثلا عند درجة الحرارة والضغط المنخفضين يمتص المائع الحرارة الكامنه وبالتالى يتحول إلى غاز جاف ثم يرتفع ضغط الغاز فى نطاق أداة ميكانيكيه إلى ضغط أعلى يناظر درجة حرارة التكثف ثم يخرج الغاز تلك الحرارة الكامنه عند الضغط العالي ليتحول مرة ثانيه إلى سائل. علي الجانب الآخر تتطلب الدورة الكاملة للتبريد وصلة ما بين المكثف والمدخل كي تشتمل على صمام مخفض للضغط ومع انخفاض الضغط عند هذا

الصمام تهبط درجة حرارة المائع وبذلك ينشأ جزء منها كبخار مما يزيد الحجم النوعي لمائع التبريد بعد الصمام نتيجة تمدد وانتشار جزء منه، ومن ثم نجد أن الموضوع ككل يتركز في نقطتين.

أولا: المكونات الاساسية

دورة التبريد تتكون من: (1- ضاغط ،2- مكثف، 3- مبخر، 4- صمام التمدد، 5- ثوموستات، 6- مواسير تصل المكونات المختلفه، 7- اجهزة التحكم، 8- ملونات أخرى مساعدة).

لتشغيل هذه النظم يلزم توصيل مكوناته المختلفة بمواسير وأنابيب تعرف بخطوط المبرد حيث يتم تصميم وتركيب هذه الخطوط فى النظم سابقة التجميع بالمصنع، أما النظم غير سابقه التجميع فتحتاج أن يقوم مهندس التبريد بتصميم وتركيب خطوطها ولذلك يجب على المهندس اختيار خامة هذه الخطوط ومواصفاتها وعليه ايضاً أن يصمم هذه الخطوط ليكون فقد الضغط بها منخفضاً نسبياً وتوفيراً للطاقة ولتحسين أداء نظام التبريد ويجب أن تسمح خطوط المبرد بدوران زيت تزييت الضاغط مع المبرد، وعودته مرة أخرى إلى الضاغط دون ترسبه فى بعض أجزاء نظام التبريد (فى حالة الهالوكربونات فقط) ايضاً ويجب أن يراعى مصمم هذه الخطوط سهولة صيانتها عند الضرورة. كما يضم نظام التبريد ايضاً العديد من اجهزة التحكم التى تعمل على حماية نظام التبريد عند الضرورة في حالة تغيير ظروف التشغيل، فمثلاً هناك أجهزة تحكم لإذابة الثلج الموجود على المبخر (إن وجد)، واجهزة تحكم لتشغيل سخان الزيت اثناء دورة التوقف بالضاغط، وأجهزة تحكم للمحافظة على ضغط المبخر مستقرا عن الحدود المقننة، واخرى للمحافظة على ضغط المكثف بقيم شبه ثابتة، واجهزة تحكم لإيقاف الضاغط إذا ما قل ضغط السحب عن حدود التشغيل الطبيعية و إذا ما زاد ضغط الطرد، وغيرها من أجهزة التحكم.

أما عن كيفية التحكم فى درجة الرطوبة فمن الممكن استخدام هيوميدستات فى الحفاظ على درجة الرطوبة المحددة ويكون ذلك بالاضافه إلي الثوموستات، ويتم تصنيع أجزاء هيوميدستات الميكانيكية من مواد يتغير أبعادها يتغير الرطوبة مثل البلاستيك او السليوز، ولذلك تستخدم بعض أجهزة القياس في هذا الصدد مثل مقياس الضغط حيث يتم تركيبه عند

مخرج ومدخل الضاغط ومزج الزيت للاستدلال المباشر على حاله تشغيل الضغط وتركب عادة بالقرب من الضاغط ويتم صناعته غالباً من منظومات من طراز (بوردون) ذى انبوب مفلطح بحيث يتغير شكلها تحت تأثير الضغط بسبب الاندفاع المتردد للغاز الخارج من الضاغط يحدث العطل المبكر لمنظم الإبرة ويمكن امتصاص تلك الذبذبات بخنق الأنبوبة الموصلة بواسطة صمام أو فوهة وذلك بملء مقياس الضغط بالزيت بحيث لايسمح بتذبذب ملحوظ كما توجد الصمامات ذات الملف اللولبي وهي عبارة عن أصبع يشغل بواسطة ملف مغناطيسي يعمل مباشرة على فوهة الصمام بواسطة وحدة موازرة (سرفو). النظام المعتاد هو أ ن يغذى الصمام المغناطيسى بالتيار ليفتح الصمام ويقطع التيار ليغلق الصمام. وهناك صمامات منظمة ذات ضغط خلفي وهي ما تستخدم لمنع إنخفاض ضغط المبخر إلي أقل من القيمة المحددة.

علي الجانب الأخر نجد أن الغرض من إستخدام صمام منظم هو منع حدوث عطل في المبخر لتبريد السائل الذى قد ينتج عن تجميد السائل ، لمنع تكون الصقيع على مبخرات تبريد الهواء وكذلك للسماح بلن يعمل مبخران أو أكثر عند درجات حرارة حمل مختلفة على نفس الضاغط يتم التحكم في التغير التدريجي لضغط المبخر طبقاً للحمل المتغير عن طريق درجة الحرارة بجانب أنه يعمل كصمام مغناطيسي يتحكم فيه بواسطة صمام مغناطيسى استرشادى ، ويتم تصمم نظم التبريد عادة لتتحمل اقصى الظروف الجوية ويتم إختيار حجم المكثف بحيث يحقق ذلك. ينتج عن خفض درجة الحرارة وضغط التكثيف في الأجواء الباردة فرق ضغط أقل عبر صمام التمدد مما قد يؤدى الي سوء أدائه، لذلك من الضرورى للعمل على منع الإنخفاض، ولذلك لابد أن يكون الضغط الأدنى هو أقل ضغط يخفض التشغيل الإقتصادى.

أما عن صمام التنفيس فانه يستخدم صمامات تنفيس أو قرص متفجر بين وصلتى الدخول والخروج بالضاغط لمنع حدوث زيادة فى الضغط بينما صممات الغلق تستخدم صمامات الغلق اليدوية فى دورات التبريد للسماح بعزل أحد الأجزاء أثناء الأحمال الجزئية أو الصيانة والإصلاح. يستخدم الصمام لعزل الأجزاء عن بعضها وذلك أثناء عملية الصيانة أوعملية

التركيب وتصنع مقاعد الصمامات من معدن طرى أو مادة بلاستيكية لدنه.
من الجهة الأخرى تشتمل دورات المواسير عادة على بعض العوالق والقشور والشوائب وبالرغم من الإحتياطيات المسبقة، ولذلك تركب مصفاه على سحب الضاغط لصيد تلك الجزئيات قبل دخولها الى الضاغط وتصنع تلك المصافى من شبكة معدنية وتركب فى مكان يسهل فيه فكها وتنظيفها وتستخدم فى بعض الحالات مصفاتين، ولزيادة التأكيد تركب بطاقة من نسيج داخل المصفاه لفصل الاتربة الدقيقة ويجب رفع البطاقات بعد فترة بدء التشغيل لأنها تسبب مقاومة كبيرة لسريان الغاز خلالها ومنها أنواع متبلبنة مثل مصافى الزيت وتلك المجففة.
من جهة أخرى نجد أن نظم مخازن التبريد سابقة التجهيز تتنوع كما يلي:

أولا: النظم المخزنية

هذه النوعية هي الأفضل في حالات التركيب السريع ولها عددا من الخطوات ليتم تجميعها بصورة محسنة نضعها في النقاط الآتية:

1 - ضرورة تجهيز الأرضية التى سيجمع فوقها المخزن بحيث تكون مستوية تماما حتى لا يظهر أى مشاكل أثناء عمليات التجميع.

2 - وضع ألواح الأرضيه فى مكان تركيب المخزن بحيث تكون مستوية تماما مع بعضهما بواسطة الأقفال السريعة.

3 - تجميع الالواح حتى يتم تجميع جميع الجوانب مع الارضية.

4 - ثبيت لوح نهاية السقف مع باقى الواح الجدران ثم تستكمل بقى الألواح بالسقف.

5 - يختبر وجود أى فاصل بين الألواح بعد التجميع بملاحظة أى ضوء يدخل خلال هذه الفواصل كي يتم إحكام رباط أقفالها.

6 - يستخدم فى كثير من الأحيان مادة السيلكون السائل لملئ أى فواصل بين الالواح وذلك لإتمام عزل الحيز الداخلى للمخزن عن الحيز الخارجى كاملا.

7 تثبيت وحدة التكثيف على حامل مثبت بجوار المخزن.

8 تثبيت المبخر بداخل حيز المخزن بعد تثبيت صمام الانتشار الحراى وتثبيت الانتفاخ الخاص بماسورة مخرج المبخر.

9 - عمل التوصيلات الخاصة بالمواسير بين وحدة التكثيف والمبخر وتركيب متممات الدائرة.
10 - توصيل جميع التوصيلات الكهربائية للوحدة عن طريق لوحة التوزيع الخاصة بها.
11 - تفريغ الدائرة ثم شحنها لاختبار التسرب منها ومتابعة ادائها وضبطها.

ثانيا: أنظمة التجميد السريع

الغرض من التجميد السريع هو تجميد المنتج بطريقة سريعة فى زمن قصير حتى يمكن الاحتفاظ بخصائصه بقدر الإمكان دون تغيير ويستخدم التجميد السريع فى الصناعة بالنسبة للمواد الغذائية أو تعبئة وحفظ اللحوم والدواجن أو الفاكهة، وأنظمة التجميد السريع هى:

1- التجميد بواسطة الهواء المندفع

يتم بدفع الهواء بسرعة عالية جداً ودرجة حرارة منخفضة حول المنتج وبأى طريقة بحيث يجب أن تكون طريقة ترتيب المنتجات تسهل المرور حول جميع أجزاء المنتج وتكون المنتجات إما معلقة فى سيور ناقلة تتحرك ببطء حيث يتحرك المنتج، بمرور الوقت من نقطة إلى اخرى بحيث إذا وصل إلى نهاية ممر التجميد يكون قد تم تجميده، أو توضع المنتجات على عربة (ترولى) ذات أرفف مثقبة بحيث تسمح بمرور الهواء خلالها، وتتحرك العربات داخل ممرات التجميد بحيث إذا وصلت إلى نهاية الممر تكون المنتجات قد وصلت إلى مرحلة التجميد، وتستخدم هذه الطريقة فى تجميع اللحوم والدواجن.

2 - التجميد بالتلامس غير المباشر

يتم بأن توضع المنتجات المراد تجميدها فى حجرات ذات ألواح ويمرر وسيط التبريد بين هذه الألواح حيث يكون المنتج فى تلامس حرارى مع اللوح المبرد وغير مباشر مع وسيط التبريد فيحدث انتقال للحرارة من الالواح المعدنية بواسطة التوصيل وتكون كفاءة عملية التبريد فى هذه الطريقة متوقفه على مساحة سطح التلامس. هذا النوع من المجمدات يكون صالحا حينما تجمد المنتجات بكميات صغيرة، وتستخدم مجمدات متعددة الالواح إذا كان التجميد بكميات كبيرة وتتكون هذه المجمدات من

ألواح أفقية متوازية متعددة وتعمل هذه المجمدات بواسطة الضغط الهيدروليكى بحيث يمكن فتحها لأستقبال المنتج وغلقها بأى ضغط مطلوب، وتكون المنتجات محصورة بين سطح علوى وسفلى وفى تلامس حرارى تام مع هذين السطحين من الالواح للمبردة فيكون انتقال الحرارة مرتفعا ويتجمد المنتج بسرعة.

3 - التجميد بواسطة التغطيس (الغمر)

يتم التجميد بهذه الطريقة بواسطة تغطيس المنتج المراد تجميدة فى محلول ملحى أو سكرى عند حرارة منخفضة حيث يكون السائل المبرد فى تلامس مع المنتج فيتم انتقال الحرارة منه إلي السائل بسرعة فتتجمد المنتجات فى زمن قصير، ومن مميزات هذه الطريقة إمكانية تجميد المنتج فى وحدات صغيرة بدلاً من تجميده ككتلة كبيرة كما فى طريقة التلامس غير المباشر. كذلك التجميد بالتغطيس له ميزة أخرى وهى تكون طبقة رقيقة من الجليد تساعد على منع إزالة الرطوبه للمنتجات غير المعبأة وذلك اثناء فترة التخزين، ويعيب استخدام هذه الطريقة هى أن العصارات التى يحتويها المنتج تميل إلى أن تخرج بواسطة الضغط الأسموزى مما يتسبب عنه تلوث محلول التجميد وهكذا يكون ضارا على المنتج فى حالة استخدام محلول ملحى. كذلك هناك اسلوب آخر بغمر المنتجات بمحلول ملحى أو سكرى مبرد برشة خلال رشاشات أثناء مروره أسفل هذه الرشاشات فيتم تجميده.

3-6: الصيانة الدورية

تشمل الصيانة الروتينية اللازمة لأجهزة التكييف عدد من النقاط تعتمد علي الظروف البيئية وطراز الجهاز ولذلك يلزم اتباع الآتي:

أولا: الصيانة الميكانيكية

1- نظافة جميع أنابيب وزعنف المكثف والمبخر
2- نظافة حوض تجميع الماء المتكاثف
3- نظافة فتحات ومجاري الماء المتكاثف
4- نظافة شبكة ومرشح الجهاز
5- الدهان بحالة جيدة ويكون مانعا للصدأ تحت أي ظروف
6- مراجعة جودة تثبيت الجهاز

7- التأكد من اللحام وجودته وذلك بملاحظة تواجد أي نوعية من الزيت عليها وهي التي تدل علي تلف اللحام إذا تواجد
8-الكشف علي يايات الضاغط وتغييرها عند اللزوم
9- قياس شحنة دائرة التبريد للتأكد من عدم تسريب أي جزء من مركب التبريد بدورة التبريد.
10-التأكد من اتجاه ريش المراوح وأنها في الإتجاه الصحيح كي تقوم بعملها علي الوجه السليم وليس العكس.
11-التأكد من فتحة دخول الهواء إلي الجهاز
12- التأكد من ميل الجهاز إلي الخارج بصفة مستمرة

ثانيا: الصيانة الكهربية

1- الكشف علي الوصلات الكهربية
2- التأكد من سلامة التوصيلات الكهربية عند نقاط الربط
3- اختبار المنظمات والقواطع والمرحلات والتأكد من سلامتها
4- مراجعة ملامسات كل القواطع في الدائرة
5- نظافة المحركات الكهربية والأجزاء الملحقة بها

ثالثا: الأعطال

في هذا الصدد نتولى التعامل مع الأخطاء أو العيوب التي قد تتسبب في تلف أي من أجزاء الدائرة سواء كانت الكهربية أو الحرارية ومن ثم نحتاج إلي إرشادات عامة نضعها قبل الوصول إلي بيان الأعطال .

1- الإرشادات

منعا لتكرار الأعطال يجب التعامل بأسلوب صحيح مع هذه الأجهزة وذلك بمنع ارتفاع درجة الحرارة إلي حدود مرهقة للجهاز أو التأكد من غلق المكان جيدا وعدم وجود فتحات لتسريب الهواء إلي الخارج سواء من النوافذ أو الأبواب أو غير ذلك، كما يجب فتح المحل الهوائي أمام الجهاز وعدم غلقه والتأكد من نظافة مرشح الهواء

2- الأعطال الشائعة

هنك تفاوتا في نوعية الأعطال وهي الأعطال التي تظهر في كل أرجاء العلم نتيجة التعامل مع هذا المنتج أو ذاك ولذلك يكون للعمل الإحصائي نصيبا شديدا داخل هذا النطاق مما يستلزم حصر أهمها وأكثرها تكرارا.

الجدول رقم 3 – 9 : بيان الأعطال الكهربية في دوائر أجهزة التكييف

العيب	الأسباب المحتملة	العلاج
الجهاز لا يدور (المحرك لا يعمل)	فيشة التوصيل غير موصلة سلك الجهاز مقطوع إنهيار مصهر الدائرة المفتاح تالف	تركيب الفيشة - تغيير المصهر بعد التأكد من عدم وجود قصر - اختبار التوصيل والقاطع وفحص وتربيط التوصيلات وتغيير اللازم
الضاغط لا يقوم بينما محرك المروحة يعمل	وجود خطأ في التوصيلات - ملامسات الترموستات معطلة - تلف القاطع - حماية زيادة الحمل تالفة - مكثف البدء مفصول - فتح ملفات المحرك أو قصر بها	فحص توصيل الأسلاك والترموستات عند أعلى درجة تبريد بقصره والتشغيل فلإذا دار الجهاز يكون تالفا - اختبار القاطع اختبار الوقاية وتغيير اللازم - فحص التوصيل والمقاومات ثم التشغيل وبناء عليه يتم التغيير إن لم يقم الجهاز
محرك المروحة لا يدور والضاغط يعمل	توصيل الأسلاك غير صحيح أو بها قطع - تلف مفتاح الجهاز - تلف بمحرك المروحة - يوجد فتح بمكثف المروحة	فحص الأسلاك مع الرسم التأكد من جودة التوصيلات اختبار المحرك فحص المكثف وتبديله إن لزم
المروحة تدور عكسيا	سلك ملفات التقويم تبدل مع أحد أسلاك ملفات المحرك	مراجعة التوصيلات مع الرسم الأصلي
المروحة بطيئة الدوران عموما	قصر بمكثف محرك المروحة إنخفاض جهد التغذية تلف مفتاح التشغيل عيوب بحوامل المحرك	حالة المكثف الباديء تبديل المكثف إن كان تالفا قياس الجهد فحص جودة التوصيلات اختبار المحرك يدويا في حالة الحركة
محرك المروحة يزن ولا يدور	أحد الأسلاك مفصول دائرة لمكثف مفتوحة وجود ثني في ريش الموحة تلف محرك المروحة	فحص توصيل الأسلاك اختبار المكثف ضبط الريش اختبار المحرك
لمحرك يدور بمخالفة الوضع	وجود اختلاف في توصيل الأسلاك للمحرك أو القاطع	مرلجعة التوصيلات بالواقع مع الرسم الأصلي
محرك يعمل بسرعات عالية فقط	تلف مفتاح التشغيل ملفات المحرك مفتوحة تلف القاطع	اختبار القاطع فحص الأسلاك اختبار المفتاح
لمحرك يعمل فترة قصيرة ثم يفصل حراريا	جهد التغذية منخفض متمم زيادة الحمل تالف	قياس الجهد - تغيير المتمم - تغيير المحرك بالكامل إذا المتمم داخلها مع الملفات

يوضح الجدول رقم 3-9 بيانا بأهم الأعطال الكهربية الشائعة وأسباب ظهورها ثم كيفية العلاج المتوقع وهي كلها ترد في جميع كتالوجات

التشغيل للأجهزة المتباينة طرازا ونوعا بينما يقدم الجدول رقم 3-10 أهم الأعطال الميكانية التي تظهر بشكل ملحوظ.

الجدول رقم 3 – 10 : أعطال ميكانيكية شائعة في دوائر أجهزة التكييف

العيب	الأسباب المحتملة	العلاج
الجهاز يعمل ولكن كفاءة التبريد قليلة	وجود حمل حراري كبير بالمكان - تهوية المكثف غير كافية - عوائق بالمواسير والمبخر والزعانف - أبواب ونوافذ المكان غير محكمة الغلق - وجود إنسداد بمواسير التبريد - فتحة ضاغط الهواء النقي مفتوحة - كمية الهواء المار قليلة أو منعدمة - تراكم ثلج فوق المبخر	اختبار سعة التبريد للجهاز فقد تكون الحاجة لجهاز أكبر - تغيير مكان تركيب الجهاز - تنظيف المرشحات بالفرشاه أو هواء مضغوط أو تغييرها - اغلاق النوافذ والأبواب جيدا - فحص تواجد ثلج (فروست) علي الماسورة الشعرية - يقاس تيار الضاغط – تأكد من عدم وجود عائق لحركة الهواء وقفل الفتحة في الأيام شديدة الحرارة - فحص المحرك والتنظيف - اتباع التعليمات للتخلص من المحرك
تراكم الثلج علي المبخر	لا يوجد إتصال جيد بين الإنتفاخ الحساس للترموستات وسطح المبخر - الترموستات تالف - مرشح الهواء الراجع مغلق بالعوائق عوائق في طريق الهواء بالمبخر	فحص الانتفاخ للتأكد من جودة التلامس - فحص القصر بالترموستات - تنظيف المرشح أو تغييره والمبخر ومواسيره
صوت غير عادي أو إهتزاز	مسامير تثبيت الضاغط محلولة - وجود احتكاك بين مواسير دائرة التبريد - ريش المروحة تحتك مع قاعدة الجهاز - مسامير الربط الخاصة بالنقل لم تحل والواجب حلها بعد النقل	فحص التربيط لأماكن التثبيت وربطها جيدا - يتم إبعاد المواسير المتقاربة - ابعاد الريش عن القاعدة - التأكد من حل المسامير هذه قبل التشغيل
تسرب مياه داخل الغرفة	انسداد بفتحة تصريف مياه المبخر إلي المكثف - الجهاز مائل ناحية الغرفة المركب بها - وجود فتحات بقاعدة الجهاز يتسرب منها الماء	اختبار تسرب الماء في الحوض - تنظيف الفتحة - يمكن غلق الفتحات حسب الوضع الفعلي

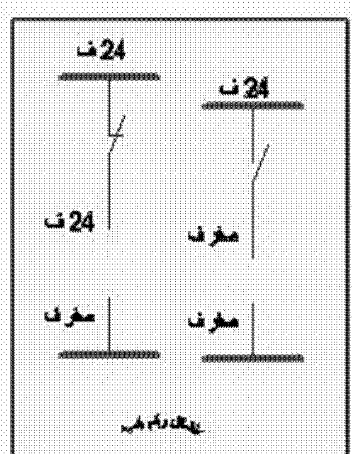
بالرغم من أن الإنتقال الحراري هو المحور الجوهري في عملية التكييف إلا أنها تعتمد بالدرجة الأولى علي الدوائر الكهربية سواء كانت دوائر الحماية للضواغط ودوائر التشغيل التي تختص بعكس الدورة الخاصة بالتبريد ثم دوائر التحكم التي تختص بتحديد المعاملات الخاصة بالملحقات أو الضاغط الرئيسي داخل دورة التبريد. علاوة علي ذلك فأنه لا بد لمهندس الكهرباء من الإلمام بمثل هذه التقنيات وهي التي تواجهه خصوصا مع استخدام التقنيات الحديثة من حاسبات وشبكاتها وشبكة الفيديو كونفرانس التي بدأت تنتشر في مجال خدمات وزارة التربية والتعليم بمصر كفائدة في هذا الصدد وجميعها من الأماكن الهامة التي تحتاج إلي أجهزة التكييف بشكل عام.

الفصل الرابع

الحاكمات المنطقية المبرمجة
Programmable Logic Controllers

ظهر أول جهاز تحكم مبرمج في شركة (جنرال موتور) عام 1968 ليحل محل المفاتيح الكهرومغناطيسية في بادئ وبالرغم من أنه لم يكن قادرا على تحقيق متطلبات الوظائف التلقائية الهامة إلا أنه كان بادرة خير في صناعة الحاكمات القابلة للبرمجة Programmable Logic Controllers والتي تطورت وانتشرت بكثرة في جميع ميادين الصناعة والعمليات الإنتاجية، وفي الفترة 1970- 1974 ونتيجة للتقدم التقني في صناعة المشغلات الدقيقة أصبحت الحاكمات القابلة للبرمجة PLC أكثر مرونة وذكاء وكان سهلا على الفنيين والمهندسين الذين ليس لهم دراية بعلوم الكمبيوتر والإلكترونيات الرقمية التعامل معها، بل وأصبحت هذه الأجهزة قادرة على القيام بالعمليات الحسابية والمنطقية بكفاءة عالية من حيث الدقة في زمن قصير للغاية.

في الأعوام 1975- 1979 حدث تقدم آخر في صناعة الحاكمات القابلة للبرمجة وشمل زيادة سعة الذاكرة وعدد المداخل والمخارج الرقمية بل وارتقى استخدام هذه الأجهزة من التحكم الرقمي إلى التحكم التناظري حيث أصبح من السهل عمل برنامج لاستخدام أجهزة التحكم المبرمج لتحل محل حاكم تناسب تفاضلي تكاملي PID للتحكم في درجة حرارة غرفة مثلا أو في سرعة محرك وأصبح من السهل تخزين أي برنامج في وحدة ذاكرة خارجية وأصبح من الممكن تغيير البيانات سابقة التخزين أثناء التشغيل، ليكون المشغل الدقيق قادرا علي تغيير ثوابت التوقيت الزمني



والعدادات بدون إيقاف العملية الصناعية كما كان في السابق. نتيجة لتطور علوم الاتصالات الهائل في هذه الفترة أصبح من المتاح استخدام مجموعة من أجهزة التحكم المبرمجة للعمل سويا في شبكة محلية للتحكم في مصنع كما لو كانت جهاز واحد، وأمكن عمل تقارير وافية عن الإنتاج والصيانة والأعطال بواسطة الوحدات الطرفية مثل الطابعات وتخدم هذه التقارير عملية تحسين معدل الإنتاج، ونتيجة لهذه التطورات حلت أجهزة التحكم المبرمج PLC محل الميني كمبيوتر في معظم التطبيقات الصناعية.

أولا: مميزات استخدام المتحكمات المبرمجة

1- سهولة إضافة أو تغيير خطوات في التحكم بدون تغيير في التوصيلات سواء في الدخل أو الخرج اعتمادا علي كلمة مرور (Password)

2- بساطة إصلاح الأخطاء والسماح بالتعامل مع عدد من الموضوعات (الدوال) في وقت واحد

3- إمكانية الاختبار للتشغيل والربط بين الأجهزة المختلفة لتعمل في منظومة واحدة بأسس مشتركة في موقع واحد كبير أو في عدد من المواقع المتفرقة

4- زمن تنفيذ العمليات المنطقية (زمن المسح Scan Time) أصبح صغيرا جدا إضافة إلي أن الأجهزة الإلكترونية تتميز بالاعتمادية العالية نسبة إلي الأجهزة الكهروميكانيكية.

أما العيوب فتنحصر في

1- التكلفة نسبة للنظم التقليدية التي كانت قائمة

2- الحاجة إلي عاملين مهرة للتشغيل والصيانة

3- تأثر هذه الأجهزة بالارتفاع في درجة الحرارة والظروف المناخية

من الجهة الأخرى ظهرت بعض المصطلحات الفنية المصاحبة لهذه النظم الحديثة منها:

1- الإشارة الناظرية Analog Signal

هي إما أن تكون إشارة جهد أو تيار وتعطى القيمة العددية للإشارة مدلول عن كمية معينة على سبيل المثال جهد الخرج لمولد تاكو مستمر مثبت على محور دوران المحرك المطلوب قياس سرعته فإذا كان نسبة تحويل

مولد التاكو 300 RPM/V وكان خرج مولد التاكو 5V يعنى هذا أن سرعة المحرك تساوى N = 300*5 = 1500 RPM

وهذه إشارات الجهد التناظرية عادة تتراوح ما بين (0: + 10V) أو (0: 1V) أو (0:5V) أما إشارات التيار التناظرية فعادة تتراوح ما بين (4:20 mA).

2- الإشارة الرقمية Digital Signal

إنها إشارة جهد وتكون رقمية 0 V أو 24 V على سبيل المثال الجهد المنقول عبر ريشة تلامس فإذا كانت ريشة التلامس مفتوحة كان الجهد المنقول 0 V وإذا كانت الريشة مغلقة كان الجهد منقول 24 V + كما هو مبين في الشكل 4-1.

3- حالة الإشارة الرقمية Digital Signal State

لجهد الإشارة الرقمية 0V أي حالة منخفضة Low وجهد الإشارة + 24 V يعني أن حالة الإشارة الرقمية 1 أي عالية High

4- الكلمة WORD

تتكون الكلمة من (16) خانة Digit وفي هذه الحالة (16 إشارة رقمية) وبالتالي تتكون الكلمة من عدد (2) بايت Byte حيث أن كل بايت يتكون من 8 بت BIT وهو خانة رقمية لتخزين الحالة (0 أو 1).

5- المسجلات REGISTER

أماكن لتخزين

الشكل رقم 4-2

+ 24 ف

S1

S2

&

H

صفر فولت

> or = 1

إنها

البيانات داخل معالج أجهزة التحكم المبرمج في صورة 0 أو 1 وهى تتكون من خانة واحدة أو أربع خانات أو 16 خانة.

6- الأعلام FLAGS

تعرف أيضا باسم "متممات تحكم داخلية Internal Control Relays" أو وحدات التخزين الداخلية Markers ويتكون العلم من خانة واحدة Bit ويخزن فيها حالة التعليمات الوسيطة (0 أو 1) وتوجد الأعلام في الذاكرة الداخلية لأجهزة التحكم المبرمجة ويستخدم النظام الثماني لترقيم وحدات التخزين الداخلية (الأعلام)، وتعتبر الحاكمات المنطقية من التقنيات الحديثة في مجال التحكم والوقاية أو أي منهما منفردا ولمزيد من التحليل نضع السطور التالية.

1-4: الأنواع Types

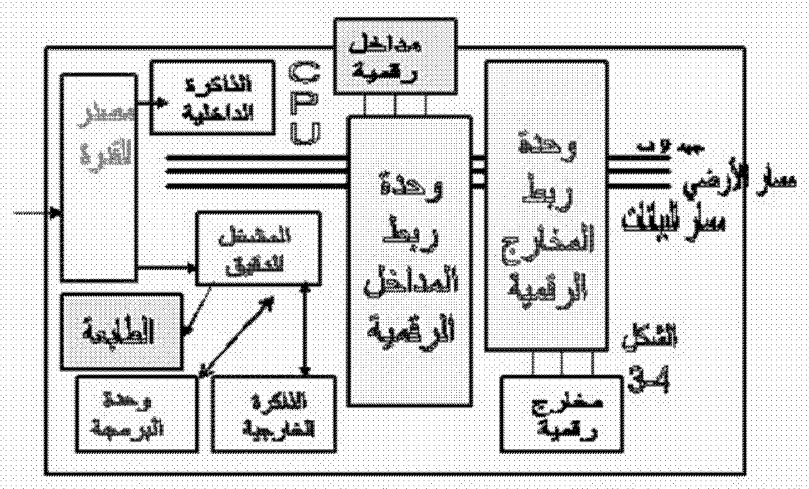
يوجد نوعان من الحاكمات المستخدمة في التحكم في العمليات الصناعية وذلك تبعا لنظرية عملها هما:

النوع الأول: حاكمات غير قابلة للبرمجة UPLC

هذه النوعية أما دوائر منطقية Logic Circuits أو دوائر تحكم بمفاتيح كهرومغناطيسية Electromagnetic Relays والموقتات الزمنية والعدادات ... الخ. الشكل 4-2 يبين البوابات المنطقية الأساسية ومكافئها من دوائر التحكم بالمفاتيح (شكل أ) فإن المبين H1 تساوى 1أما إذا كانت حالة S1 هي 0، والعكس بالعكس، ويتم تمثيل ذلك ببوابة (NOT) مدخلها S1 ومخرجها H1. المبين H1 في الشكل (ب) يضئ عند الضغط على الضاغط S1 وتنطفئ عند إعادة الضاغط S1 لوضعه الطبيعي أي أن حالة H1 تكون 1 عندما تكون حالة S1 مساوية 1 - والعكس بالعكس - ويمكن تمثيل ذلك ببوابة (YES) مدخلها S1 ومخرجها H1 وفي الشكل (ج) فالمبين يضئ عند الضغط على الضاغط S1 أو الضاغط S2 أو كليهما أي أن حالة H1 تكون 1 إذا كان حالة الضاغط S1 أو الضاغط S2 أو كليهما يساوى 1 ويمكن تمثيل ذلك ببوابة OR مداخلها S1,S2 ومخرجها H1.

النوع الثاني :حاكمات قابلة للبرمجة

Programmable Logic Controller



تعتبر حاكمات التحكم المبرمجة **Programmable Logic Controller** أجهزة إلكترونية رقمية تستخدم ذاكرة قابلة للبرمجة لتخزين برنامج المستخدم والذي يتكون من مجموعة من الأوامر لتحقيق وظائف معينة وذلك للتحكم في العمليات الصناعية (الشكل **4-3**) لها عدة مداخل توصيل مع أجهزة المداخل مثل المفاتيح والضواغط ومفاتيح نهاية المشوار والمفاتيح التقاربية ومفاتيح العوامات ... الخ، وله أيضا عدة مخارج توصل مع أجهزة المخارج مثل ملفات الملامسات والمبينات والمحابس الكهربية ووسائل الإنذار الصوتي (الأبواق) ... الخ، ولها أيضا مدخل لتوصيل جهاز البرمجة وذلك لإمكانية إدخال برنامج المستخدم حتى يستعرض ذاكراته الداخلية وتتضمن هذه الأجهزة خمس وحدات هي:

1- وحدة معالج العمليات الحسابية **CPU**

2- وحدة ربط المداخل الرقمية **Digital Input Interface**

3- وحدة ربط المداخل التناظرية **Analog Input Interface**

4- وحدة ربط المخارج الرقمية **Digital Output Interface**

5- وحدة ربط المخارج التناظرية **Analog Output Interface**

الطراز الأول: أجهزة التحكم المبرمجة المتكاملة Compact type

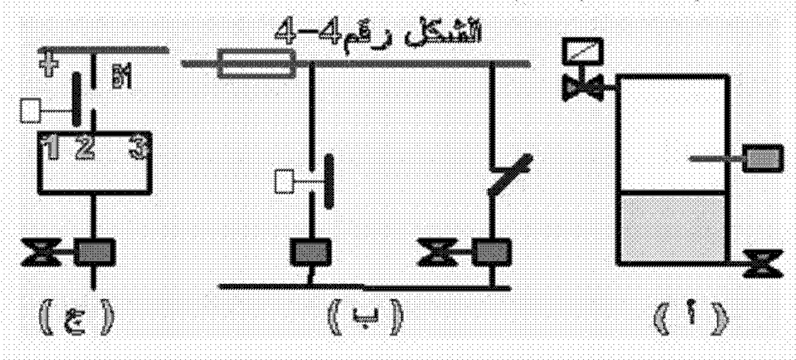
المتواجدةداخل غلاف واحد وتستخدم في العمليات الصناعية الصغيرة، يحتوى عادة على 12 مدخل و20 مخرج رقمي وموصل معه وحدة توسعه Expansion type لزيادة عدد المداخل والمخارج.

الطراز الثاني:أجهزة تحكم مبرمج مجزأة Mod ule Type

هذا الطراز يخصص غلاف لكل عنصر بالمكونات ويسمى Module فمنه واحدا لمصدر التغذية power supply وثان لوحدة المعالجة المركزية CPU وآخر لمداخل رقمية Digital Input وواحدا للمخارج الرقمية Digital Output وغيره لمداخل تنظرية Analog Input وهكذا.

4-2: التشغيل

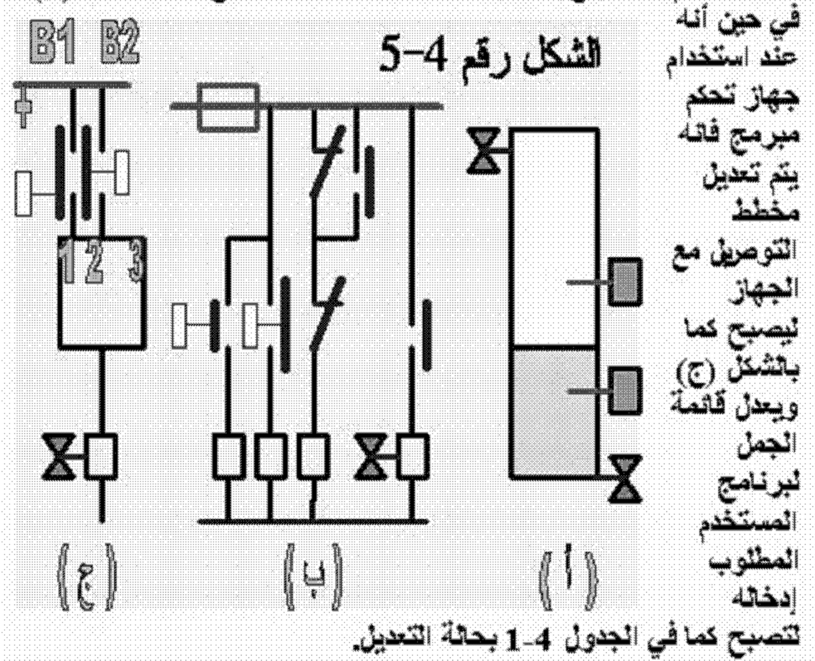
تختلف الحاكمات المبرمجة عن دوائر التحكم التقليدية (الكهرومغاطيسية) في أسلوب التشغيل والأداء فمثلا في الشكل رقم 4-4 (أ) المخطط التقني لعملية صناعيةبسيطة تتلخص في أن المحبس الكهربي Y1 يفتح عندما يكون مستوى السائل في الخزان أقل من مستوى العوامة B1 وفى الشكل رقم 4-4 (ب) دائرة التحكم بالمفاتيح الكهرومغناطيسية والمستخدمة لتحقيق الأداء المطلوب وهناك قائمة أوامر في حالة الإدخال أو حالة التعديل (الجدول رقم 4-1).



الجدول رقم 4-1 : بينات تعديل وإدخال

حالة الإدخال		حالة التعديل	
البيانات	العملية	البيانات	العملية
I0.0	A		A
Q2.0	=	I1.0	ON
		I2.0	AN
		Q2.0	=

لتعديل أداء العملية الصناعية بإضافة عوامة أخرى أسفل الخزان كما هو مبين بالشكل 4-5 بحيث ألا يفتح المحبس Y1 إلا عندما ينخفض مستوى السائل في الخزان عن العوامة B2 ويستمر على هذا الحال إلى أن يمتلئ الخزان بالماء وصولا إلى العوامة B1 ولتحقيق هذا الأداء يلزم تعديل دائرة التحكم بالمفاتيح الكهرومغناطيسية السابقة لتصبح كما بالشكل (ب) في حين أنه عند استخدام جهاز تحكم مبرمج فإنه يتم تعديل مخطط التوصيل مع الجهاز ليصبح كما بالشكل (ج) ويعدل قائمة الجمل لبرنامج المستخدم المطلوب إدخاله لتصبح كما في الجدول 4-1 بحالة التعديل.

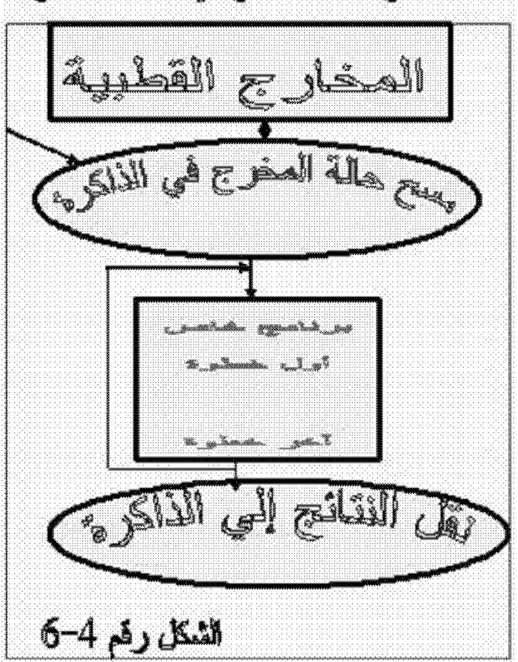


الشكل رقم 4-5

يتضح أنه لإجراء عملية التعديل عند استخدام دوائر التحكم بالمفاتيح الكهرومغناطيسية نحتاج لتعديل دائرة التحكم باستخدام مفتاحين كهرومغناطيسيين K2,K3 بالإضافة إلى مفتاح العوامة B3 مع تعديل التوصيل، ولكن عند استخدام جهاز التحكم المبرمج لا نحتاج إلا لتعديل البرامج فقط ولن نحتاج لتعديل مخطط التوصيل للجهاز إلا إضافة مفتاح عوامة يوصل بأحد مداخل جهاز التحكم المبرمج غير المستخدمة مؤكدا على مرونة أجهزة التحكم المبرمج عن دوائر المفاتيح الكهرومغناطيسية ويتم تنفيذ ذلك ببرنامج في خطوات.

أولا: تنفيذ برنامج التشغيل (الشكل رقم 4-6)

1- عند بدء تشغيل جهاز PLC تمسح حالة المخارج في الذاكرة لتصبح صفرا (0).



الشكل رقم 4-6

2- تنقل حالة المداخل الحقيقية من أجهزة المداخل إلى المساحة المخصصة لها في RAM في صورة (0 أو 1).

3- ينفذ برنامج التشغيل خطوة بخطوة مع الأخذ في الاعتبار حالة المداخل المخزنة في الذاكرة وليست اللحظية وكذلك حالة وحدات الذاكرة والقيم الجارية للمؤقتات الزمنية والعدادات ... الخ وتنقل نتائج تنفيذ البرنامج إلى المساحة المخصصة لحالة المخارج في الذاكرة.

4- تنقل حالة المخارج من الذاكرة إلى المخارج الفعلية.
5- تكرار الخطوات 2 ، 3 ، 4 بصفة دورية.

ثانيا : زمن الاستجابة Response Time

زمن الاستجابة لأجهزة التحكم المبرمج هو الزمن اللازم لأحداث تغيير في حالة المخارج عند حدوث تغيير في حالة المداخل اللحظية ويساوى مجموع الأزمنة الآتية:

1- زمن استجابة أجهزة المداخل
2- زمن استجابة أجهزة المخارج
3- زمن تنفيذ البرنامج وهو يتراوح ما بين (1:8 ms) لكل 1 KB من البرنامج

ثالثا : اختيار أجهزة التحكم

من أهم المواصفات الفنية لاختيار أجهزة التحكم المبرمج ما يلي:

1- عدد المداخل الرقمية والتناظرية المطلوبة
2- عدد المخارج الرقمية والتناظرية المطلوبة
3- عدد وأنواع العمليات الوظيفية المتاحة
4- سعة الذاكرة RAM لجهاز PLC تبعا لحجم البرنامج المطلوب
5- سرعة تنفيذ البرنامج لكل 1 KB من حجم البرنامج
6- نوعية الذاكرة الداخلية لجهاز PLC على سبيل المثال CMOS) RAM (فهي مناسبة للعمل مع أجهزة UPS عند انقطاع التيار الكهربي لأنها تستهلك قدرة صغيرة جدا أو هي EPROM ... الخ بينما أجهزة PLC التي تحتوى على الذاكرة RAM لتخزين البيانات المتغيرة بصفة مستديمة
7- اختيار النوع المتكامل Compact إذا لم يكن متوقع حدوث تطورات مستقبلية في العملية الصناعية أو اختيار النوع المجزأ Module إذا كان متوقع حدوث تطورات مستقبلية في العملية الصناعية
8- أمكانية التعامل مع اللغات (منخفضة المستوى فقط أو المنخفضة والعالية أيضا)
9- القدرة على التحكم في سرعة المحركات ووجود حاكم تناسبي تفاضلي تكاملي

10- تقديم تقارير مفصلة عن الإنتاج Documentation وعن الأعطال التي تطرأ به Diagnostic

11- تحديد ظروف عمل الجهاز (درجات حرارة عادية – مرتفعة – يوجد اهتزازات أم لا)

12- تحديد ما إذا كان يعمل الجهاز داخل شبكة محلية أم لا وهل سيعمل تابع أو قائد ونوع الموافق Interface الذي يلزمه لربطه مع الشبكة.

كما تتوافر لوحات المفاتيح ما بين الصغيرة والكبيرة مثل الآلة الحاسبة العلمية وحتي تلك الكبيرة ذات الشاشات الكبيرة حيث يقوم نظام القوائم مقام الوظائف المتعددة للمفاتيح. جدير بالذكر أن أجهزة القياس عموما لها من المدي التحصيلي المقتن علي النجو الوارد في الجدول رقم 4- 2.

جدول رقم 4-2: مقتنات الزيادة التحصيلية لأجهزة القياس

نوع الجهاز	بيان	المقتن			
مغناطيس متحرك	الزيادة	1.2	2	4	50
	الزمن	بصفة مستمرة	10 ق	3 ق	1 ث
ملف متحرك	الزيادة	1.2	10		
	الزمن	بصفة مستمرة	5 ث		

رابعا: البرامج Software

لغات أجهزة التحكم المبرمج هي عادة لغات منخفضة المستوى Low Level Languages وأهمها إنتشارا:

1- الشكل السلمي Ladder Diagram

تشبه دوائر التحكم الأمريكية حيث تحتوى على ريشة مفتوحة وأخرى مغلقة كالسلم وكذلك فهي تحتوى على مخارج تشبه ملفات الملامسات ولقد قامت الشركات المصنعة لأجهزة التحكم المبرمج بتطوير هذه اللغة وإضافة بعض العمليات الوظيفية والتي تختلف في نظمها من شركة لأخرى مثل المؤقتات الزمنية والعدادات وعمليات المقارنة والإزاحة والعمليات الحسابية والمنطقية وحاكمات PID والساعات المبرمجة ... الخ.

2- قائمة الجمل Statement List

تتكون من عنصرين وهما العملية Operation والبيانات Data، على سبيل المثال A I0.0 فالعملية هي A أي (AND) والبيانات هي I0.0 أي المدخل (I0.0).

3- الشكل المنطقي CSF

تستخدم في بنائها رموز البوابات المنطقية وكذلك بعض العمليات الوظيفية المتبعة بالشكل السلمي

4- خريطة التدفق التابعية Graphtec

تستخدم لعمل برامج العمليات الصناعية المكونة من مجموعة مراحل تابعية مثل خرائط التدفق في إعداد برنامج الكمبيوتر.

من الأسباب التي تؤدى اختلاف الصياغات في البرمجة بين الشركات المختلفة يأتي اختلاف المسميات، نظام الأرقام، وشكل العرض على الشاشة وكذلك ترقيم نقاط التلامس والمخارج والمسجلات، فمثلا نعرض الترتيب اللازم اتباعه في لوحة المفاتيح لإخراج خرج يعتمد على قفل دخلين كما هو موضح بالجدول رقم 4-3.

التكوين الصحيح للبرامج السلمية Ladder diagrams أساسي وإلا فان الـ CPU لن تتقبل تخزين البرنامج غير الصحيح في ذاكرتها وستظهر غالبا رسالة تنبيه الخطأ ولذلك يجب مراعاة الآتي:

1- إدراج الدخل أولا.

2- الخرج لابد وأن يكون آخر شئ يدرج في السطر.

3- توصيل مجموعة من المدخلات مع خرج واحد فقط

4- لابد من بدء البرنامج بنقطة تلامس (دخل) من الملامسات ويكون إدراج نقاط التلامس في الوضع الرأسي دائما.

5- عدد المدخلات لكل خرج عادة يكون عدد محدد وهو ما يتراوح حول 8 أفقيا × 10 رأسيا أو 11 أفقيا × 7 رأسيا.

6- تتابع المدخلات ببعضها لابد أن يكون في الاتجاه الصحيح من اليسار إلى اليمين.

Program scanningكما أن عملية البرمجة تستغرق وقتا لمسح البرنامج بالكامل أي أن كل خطوة في البرنامج يعاد تنفيذها بعد مرور هذا الوقت المسح كذلك يتم من اليسار لليمين ومن أعلى إلى أسفل وعادة ما

يكون بالملي ثانية خصوصا لوجود عمليت تكرارية كل فترة زمنية ـ جزء من الألف من الثانية، حيث أنها لن تتم بلفعل إلا كل زمن مسح (بضعة أجزاء من الألف من الثانية)، لذلك نحتاج إلي التحديث الفوري **Up date immediate**

الجدول رقم 4-3: ترتيب خرج يعتمد علي قفل دخلين

م	بيان الخطوة	م	بيان الخطوة
1	تشغيل الـ PLC	8	إكمال السطر حتي النهاية
2	تنظيف (مسح) ذاكرة الـ PLC	9	الضغط على مفتاح رمز الخرج وهو ملف
3	اختيار نمط التعديل Edit mode	10	رقم للخرج باستخدام مفاتيح الأرقام
4	الضغط على نقطة التلامس (مفتوحة)	11	الضغط على مفتاح الإدخال
5	تخصيص رقم لها باستخدام مفاتيح الأرقام	12	التخزين في الذاكرة بالضغط على مفتاح الإدراج Insert
6	بالضغط على مفتاح الإدخال Enter.		
7	تكرار الخطوط 4 و 5 و 6 و للدخل الثاني	13	الآن قفل الدخلين (كلاهما وليس أحدهما) يؤدى إلى قفل الخرج

من الجهة الأخرى لابد من ترتيب الأحداث في حلة استخدام المرحلات للتحكم فان أي حدث يحدث في أي مكان بالمخطط السلمي للتحكم ينتج عنه خرج ما مباشرة. تتعرف هذه النظم على الأخطاء ولكل خطأ كود معين يظهر علي الشاشة كما هي في النظم الصغيرة أو بلغة مفهومة في النظم الكبيرة مثلا قد يظهر الرقم 24 على شاشة نظام صغير معبرا عن خطأ معناه فيض زائد في الذاكرة **memory overflow** بينما تظهر الجملة كاملة على الشاشة في النظم الكبيرة التي تحتاج إلي إجراء تنظيف الذاكرة (أي فقد البرنامج من الذاكرة) وهنا تظهر فائدة وجود نسخة احتياطية من البرنامج على أسطوانة.

دوائر التعامل الآمن Fail-safe circuits هامة حيث نجد بعض الدوائر لا تعمل إلا بتسليط إشارة جهد كهربي عليه مثل دائرة التعليق latching التي تستلزم إشارة معاكسة (أي على الدخل الثاني للدائرة) ليتوقف خرجها وعند فقد مصدر الطاقة الكهربية سيظل الخرج معلق (مغلق).

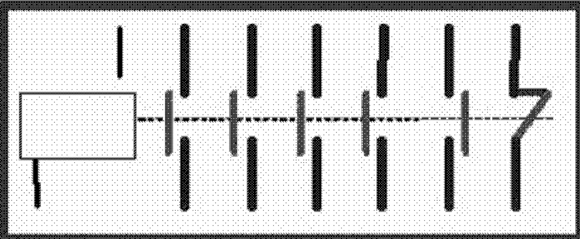
3-4: الأجهزة الملحقة

هناك العديد من الأجهزة منها:

1 – الملامسات (contactors)

أنه يتكون من قلب حديدي ثابت على شكل حرف E حوله ملف من السلك المعزول (بوبينة – Coil) وأمامه الجزء الحديدي المتحرك عليه مجموعة نقاط التلامس (CONTACTS) وعادة تكون ثلاث نقاط رئيسية في وضع فصل وعدد غير محدد من نقاط التلامس المساعدة منها المفتوح ومنها المغلق.

إذا وصل تيار إلى البوبينة يظهر مجالا مغناطيسيا يجذب القلب العلوي إلى اسفل إتجاه القلب الثابت فيتغير وضع جميع نقاط التلامس، فتصير النقاط المفتوحة مغلقة، والنقاط المغلقة مفتوحة. تظل هكذا حتى يتوقف التيار في البوبينة فيعود القلب المتحرك إلى وضعه الطبيعي مندفعا إلى أعلى بقوة ياي موجود بين القلبين ومن ثم تعود جميع نقاط التلامس إلى وضعها الأصلي (الشكل رقم 4-7). قبل توصيل أيِّ ملامسات



الشكل رقم 4 – 7

يجب أولا تحديد نقاط التلامس الرئيسية والمساعدة المغلقة أو المفتوحة وكذلك طرفي البوبينة.

بالنسبة للنقاط الرئيسية (MAIN CONTACTS) عادة تكون ثلاث نقاط في وضع مفتوح أما نقاط التلامس المساعدة (AUXILARY

(AUXILARY CONTACTS) فمنها ما هو في وضع معتاد مفتوح ويختصر بالحروف (NC) أما عن الترقيم:
فالنقاط المساعدة المفتوحة تأخذ الأرقام 14 – 13 أو ما يليها من أرقام تبدأ بالرقم 3 والنقاط المساعدة المغلقة تأخذ الأرقام 12 – 11 أو ما يليها من أرقام تبدأ بالرقم 1.
بالنسبة لأطراف البوبينة (COIL) عادة يكون للبوبينة طرفان يرمز لهما A1 – A2 أو A – B ، وتتوفر ملامسات تعمل على قيم فولت مقننة 24، 48، 110، 220، 380 فولت، وكلما كانت البوبينة تعمل على فولت أعلى كلما زادت قيمة مقاومتها حيث أنها تلف بقطر سلك أرفع وعدد لفات أكثر ومن الممكن أن يعمل نفس الملامس ببوبينة 24 فولت أو 380 فولت ولذلك يلزم تحديد قيمة الفولت الذي تعمل به البوبينة عليها وليس على جسم الملامسات ويظهر الرقم خارج الملامسات، توجد أنواع وأحجام كثيرة من الملامسات، من أهم خصائصها التقنية:

(أ) مقنن التيار أو قدرة الحمل

الجزء الذي يتحمل شدة المحرك داخل الملامسات هي النقاط الرئيسية الثلاثة لأنها المسئولة عن توصيل التيار إلى المحرك وبالتالي يجب أن يكون حجمها ونوع المادة المصنعة منها قادرا على تحمل قيمة التيار الأقصى، وكلما كانت قيمة تيار الملامسات أكبر من قيمة تيار الحمل كلما كان أفضل ويعطى الملامسات عمر أطول، ولكن يجب أن يكون الاختيار اقتصاديا تبعا لنوع الحمل وعدد مرات التوصيل والفصل وأيضا جودة التصنيع فإذا كان عدد مرات الإيقاف والتشغيل أكثر يحتاج إلى الملامسات بقيمة أعلى . وكلما كانت ماركة جيدة تستطيع اختياره بقيمة قريبة من قيمة تيار الحمل وكلها تيارات مقننة قياسية مثل 9، 12، 16، 20 أو 25 أمبير وهكذا.
إذا عمل المحرك على جهد أعلى قلت شدة تياره ولذلك نجد على الملامسات 9 أمبير مثلا فإذا كان المحرك يعمل على 220 فولت فتصلح الملامسات لمحرك حتى قدرة 3 حصان أما إذا كان المحرك يعمل على 380 ف. فنفس الملامسات تصلح لمحرك حتى قدرة 5.5 حصان (جدول رقم 4- 4).

الجدول رقم 4-4: بيان بمقننات المحرك

V	KW	HP
220	2,2	3
380	4	5.5
660	5,5	7.5

(ب) فرق الجهد لدائرة التحكم

لا يشترط أن تعمل دائرة التحكم بنفس جهد المصدر بل يفضل أن تعمل على جهد أقل لأن جهد دائرة التحكم يصل إلى بوبينـة الملامسات ولذلك إذا كانت دائرة التحكم 24 فولت فيجب أن تكون بوبينة الملامسات 24 فولت بصرف النظر عن قيمة فولت المصدر الذي سيعمل به المحرك.

(ج) عدد نقاط التلامس المساعدة مفتوحة ومغلقة

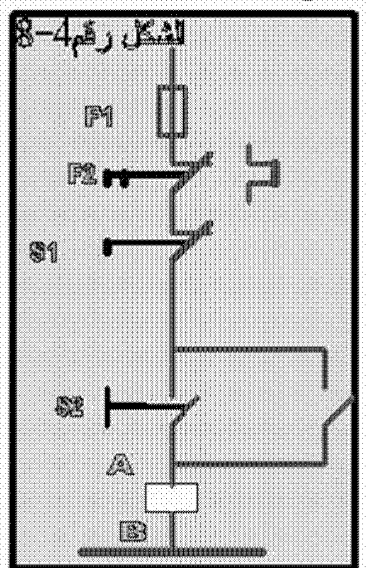
هي الخاصة بعدد نقاط التلامس المساعدة وذلك تبعا للمطلوب من دائرة التحكم فمن الممكن أن تكون الدائرة بدون أي نقاط مساعدة أو تحتوى على عدد معين من النقاط المفتوحة أو المغلقـة.

2- قاطع تجاوز الحمل (OVERLOAD)

وظيفة قاطع تجاوز الحمل الأساسية هي حماية المحرك من أي ارتفاع في شدة التيار وهو مكون من ثلاث ملفات حرارية تتصل بالتوالي مع المحرك وله تدريج ضبط لشدة التيار نختار عليه الوضع المناسب لنفس قيمة تيار المحرك وفي حالة ارتفاع شدة التيار التي يسحبها المحرك عن القيمة المضبوط عليها تدريج تجاوز الحمل بسبب زيادة حمل أو سقوط أحد الأوجه أو ... مما تؤدى إلى ارتفاع حرارة الملفات الحرارية فتتمدد وتحرك قطعة من الفبر تفصل نقطة مغلقة داخل قاطع تجاوز الحمل وهذه النقطة تتصل بالتوالي مع بوبينة الملامسات الذي يعمل على هذا المحرك فيفصل نقاط تلامسه الرئيسية ويقطع التيار عن المحرك وبعد إصلاح العيب يلزم إعادة نقطة تلامس قاطع تجاوز الحمل مغلقة ويمكن إعادة تشغيل الدائرة مرة أخرى.

يحتوى قاطع تجاوز الحمل على نقطة مفتوحة بالإضافة إلى النقطة المغلقة يمكن توصيل هذه النقطة المفتوحة مع مبين ضوئي إذا أضاء يعنى أن الآلة توقفت نتيجة لفصل قاطع تجاوز الحمل وأكثر أنواعها لا تعود إلى وضعها

الطبيعي إلا بالضغط على مفتاح (RESET) ومن نفس مفتاح التشغيل يمكن اختيار(TEST) صلاحية نقاط تلامسه، وهناك بعض الأنواع تحتوى على مفتاح إضافي يحدد الاختيار لعودة نقاط تلامس قاطع تجاوز الحمل إلى وضعها الطبيعي يدويا (H) أو آليا (A) بعد أنخفاض حرارة الملفات الحرارية تعود لوضعها دون الحاجة الضغط عليها ولهذا يوجد مفتاح آخر لـ (TEST). هناك أيضا بعض من أنواع قاطع تجاوز الحمل نقطتي تلامس بها ثلاث أطراف فقط الطرف: (رئيسي – (NC) - طرف (NO) به مقطع يظهر الملف (COIL) ونقطة التلامس المساعدة المفتوحة)، كما يمكن إضافة نقاط مساعدة أخرى يتم تركيبها أعلى الملامسات.



3- مفاتيح الإيقاف والتشغيل (PUSH BUTTIONS)

تتميز هذه المفاتيح باستقلال مفتاح التوصيل عن الفصل مما يعطي فرصة أكبر في التعامل مع الدائرة وهي تتنوع:

(أ) مفتاح إيقاف (OFF) وظيفته فصل التيار فقط عن الدائرة وبالتالي تكون نقطة تلامسه في وضع توصيل ولحظة الضغط عليها فصل.

(ب) مفتاح تشغيل (ON) وظيفته توصيل التيار إلى الدائرة فقط وبالتالي تكون نقطة تلامسه في وضع فصل ولحظة الضغط عليه يقوم بالتوصيل.

(ج) مفتاح مزدوج (OFF-ON) يحتوى على نقطتي تلامس أحدهما في وضع فصل والأخرى في وضع توصيل، عند الضغط عليه يفصل التيار عن دائرة ويصله إلى دائرة أخرى، وجميع هذه المفاتيح تعود نقاط تلامسها إلى وضعها الطبيعي بعد رفع الضغط عنها. ويتواجد أيضا مفتاح

تشغيل وآخر إيقاف مع مبين إشارة في قطعة واحدة حيث يتم توصيل المبين مع نقطة مساعدة من الملامسات.
ويفحص المفتاح لمعرفة عدد نقاطه وفي أي وضع تكون بالإضافة إلى كيفية تركيبه وبالتالي يجب أن تعرف قطر الفتحة التي سيركب عليها ويتواجد منها بمقياس أقطار مختلفة.

4-4: الدائرة الكهربائية

تتألف لوحة التحكم من جزأين الأول يخص دائرة القوى والآخر لدائرة التحكم.

أولا: دائرة القوى POWER CIRCUIT

هي الدائرة المسئولة عن توصيل التيار من المصدر إلى الحمل وتشمل عادة:

1- ثلاث وحدات مصهر أو قاطع مناسب لشدة تيار الحمل لحماية الدائرة ضد القصر.
2- ثلاث نقاط رئيسية للملامسات أو أكثر.
3- ثلاث ملفات حرارية لقاطع تجاوز الحمل.
4- أسلاك أو كبلات تتحمل التيار المقنن.

فمثلا دائرة القوى لمحرك واحد بسرعة واحدة تحتوى على:

أ) مصدر ثلاثي الطور L1- L2 – L3 بمقنن جهد المحرك.
ب) ثلاث وحدات مصهر QI مناسبة لشدة تيار بدء دوران المحرك لأنها تستعمل أيضا كمفتاح رئيسي لفصل التيار عن الدائرة.
ج) ثلاث نقاط رئيسية للملامسات KMI ويجب أن تتحمل نقاط التلامس شدة تيار المحرك.
د) الملفات الحرارية لقاطع تجاوز الحمل F2 وتتحمل أيضا تيار المحرك.
هـ) أطراف المحرك الثلاث U-V-W.

تعمل دائرة القوى عندما يصل التيار إلي بوبينة الملامسات الرئيسية عن طريق دائرة التحكم فتغلق نقاط التلامس الرئيسية للملامسات KMI بقوة المجال المغناطيسي المتولد من البوبينة فيصل التيار إلى أطراف المحرك

مارا بالمصهر وملف قاطع تجاوز الحمل وينقطع التيار عن المحرك إذا انقطع التيار عن البوبينة فتنفصل النقاط الرئيسية ويتوقف المحرك.

ثانيا: دائرة التحكم CONRTOL CIRCUIT

إنها الدائرة الخاصة بتوصيل التيار إلى بوبينات الملامسات في الوقت المطلوب وتشمل:

1- بوبينة الملامسات أو أكثر.
2- طرفان بينهم فرق جهد لمقتن البوبينة.
3- مصهر أو قاطع بمقتن مجموعتيار البوبينات الموجودة بالدائرة.
4- نقطة التلامس المغلقة لقاطع تجاوز الحمل.
5- مفاتيح الإيقاف والتشغيل.
6- نقاط التلامس المساعدة للملامسات التي تحتويها الدائرة (تبعا للمطلوب من دائرة التحكم).

هذه الأجزاء والسلك المستخدم لدائرة التحكم تتحمل فقط شدة تيار البوبينات ومبينات الإشارة.

دائرة التحكم لتشغيل محرك واحد أيضا تحتوى على (الشكل رقم 4-8):

الشكل رقم 4 – 9

نقطة التعادل

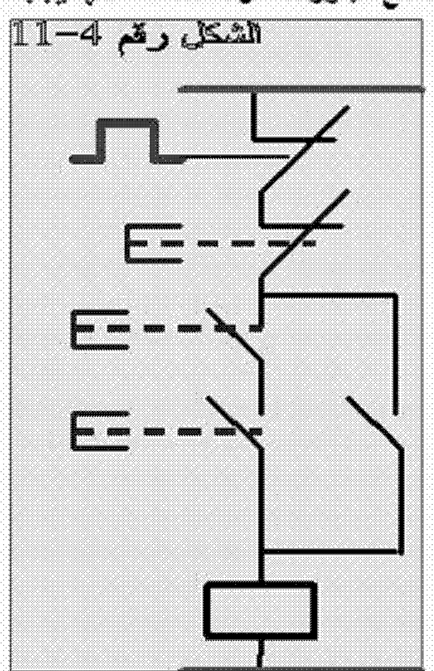
1- مصهر F1 لحماية أجزاء دائرة التحكم.
2- نقطة تلامس مغلقة لقاطع تجاوز الحمل F2.
3- مفتاح إيقاف S1.
4- مفتاح إيقاف S2.
5- بوبينة الملامسات (A-B).
6- نقطة تلامس مساعدة مفتوحة

من نفس الملامسات KMI
تعمل الدائرة في خطوات:
(أ) عند الضغط على مفتاح التشغيل S2 يصل التيار الى البوبينة مارا بالمصهر ونقطة قاطع تجاوز الحمل ومفتاح الإيقاف فتجذب نقاط التلامس الرئيسية فى دائرة القوى ويعمل المحرك، أما النقطة المساعدة المفتوحة المتصلة بالتوازي مع مفتاح التشغيل وظيفتها كنقطة تعويض يمر التيار من خلالها حتى بعد رفع الضغط عن مفتاح التشغيل وفصله أي في حالة عدم وضع هذه النقطة أو تلفها سيعمل المحرك فقط أثناء ضغطك على مفتاح التشغيل ولحظة تركه يقف المحرك.
(ب) لحظة الضغط على مفتاح الإيقاف ينفصل التيار عن البوبينة فتعود نقاط التلامس الرئيسية وكذلك النقطة المساعدة إلى وضعهم الطبيعي
(ج) أثناء عمل المحرك إذا ارتفعت شدة تياره لأي سبب تتمدد الملفات الحرارية لقاطع تجاوز الحمل فتصل نقطته المغلقة F2 ويقف المحرك، أما في حالة عدم وضع قاطع تجاوز الحمل بالدائرة فسيعمل المحرك طبيعيا حتي في حالة ارتفاع شدة تياره ويظل يعمل حتى يحترق لأنه بدون حماية.
(د) إذا أنقطع مصدر التيار أثناء التشغيل ولم يغير أحدا وضع أي مفتاح لن يعمل المحرك في حالة عودة التيار مرة أخرى إلا بالضغط على مفتاح

الشكل رقم 4 – 10

التشغيل وهذه من المزايا الهامة في الاعتماد علي هذه النوعية من المفاتيح.

يعطي الشكل رقم 4 ـ 9 دائرة التحكم لمحرك واحد حيث يوصل النقطة المغلقة قاطع تجاوز الحمل أسفل البوبينة ولم يضعها في البداية من أعلى كما هو معتاد مما يفيد أنه لا ترتيب ولا قيد لوضع أي نقطة مادامت تؤدى الغرض منها، فالغرض من نقطة قاطع تجاوز الحمل أنه عند فصلها يجب أن نقطع التيار عن البوبينة وكذلك بالنسبة لأي نقطة.



ومضاف مبين إشارة كي يضئ فقط في حالة فصل قاطع تجاوز الحمل تحديدا للعيب من تجاوز الحمل ويبين الشكل رقم 4 ـ 10 دائرتي القوى والتحكم لمحرك واحد حيث يعمل الملامس علي 24 ف بينما مبينات الإشارة بجهد 12 ف. يتم التحكم في تشغيل المحرك بطرق عدة فمثلا من الممكن تشغيل المحرك من مفتاح التشغيل أو إيقافه من مفتاح الإيقاف S1 أو من مفتاح الإيقاف S3 أما الدائرة المعطاة في الشكل 4- 11 فلا يمكن تشغيل المحرك إلا بالضغط على مفتاح التشغيل S2 ومفتاح التشغيل S4 معا وهي تناسب المكابس والمقصات الكهربائية تأمينا لسلامة القائم علي التشغيل.

يمكن التحكم في اتجاه دوران محرك ثلاثي الطور بالاستعانة بملامسات مزدوجة (الشكل رقم 4 ـ 12) وعند أستخدم ملامسين لتشغيل نفس المحرك يصل التيار إلي أطراف المحرك بالترتيب فيدور المحرك في اتجاه

معين، أما عند غلق الملامسات B يصل التيار إلي نفس أطراف المحرك ولكن بالترتيب المحدد سلفا وبالتالي تكون حركة دوران المحرك فى الاتجاه المعاكس حيث أنه يكون قد تم تبديل وجهين.

عند تشغيل المحرك فى اتجاه أو الاتجاه المعاكس تكون قيمة شدة تياره ثابتة فى الاتجاهين (إلا إذا تغيرت قيمة الحمل في اتجاه عن الاتجاه الآخر كما يحدث فى المضخات مثلا) وبالتالي يوضع قاطع تجاوز الحمل واحد بحيث أنه عند غلق أى الملامسات من الاثنين يمر تيار المحرك عبر الملفات الحرارية لقاطع تجاوز الحمل فيكون حماية للمحرك أثناء تشغيله يمينا أو يسارا، وفى حالة تغيير الاتجاه يجب التأكد تماما من عدم تشغيل الملامسات معا بأي حال من الأحوال (دائرة التحكم) فإذا حدث وأغلق الملامسات معا يحدث قصر حيث يتصل الوجهين اللذان تم تبديلهما معا مما يسبب تلف النقاط الرئيسية للملامسات.

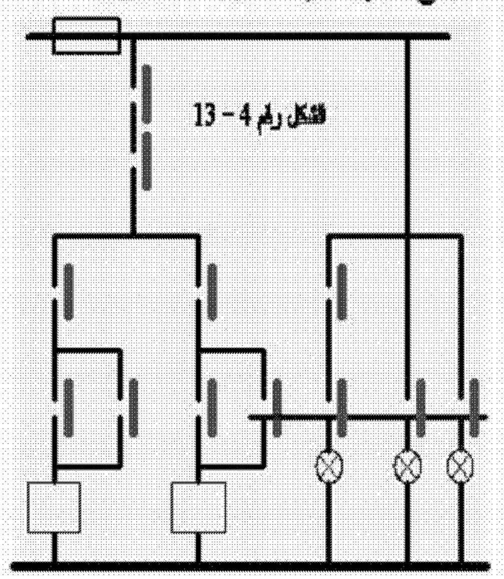


يلزم وضع مساعد قاطع تجاوز الحمل RM ومفتاح الإيقاف S على الخط الرئيسي في دوائر التحكم (الشكل رقم 4-13) بحيث إذا فصل قاطع تجاوز الحمل أو مفتاح الإيقاف وبالتبعية سيفصل التيار عن البوبينة A أو

البوبينة B والمفتاح PA يخص تشغيل البوبينة A فقط ومفتاح التشغيل PB وآخر لتشغيل البوبينة B وكلا منهما متصل علي التوازي مع نقطة مساعدة مفتوحة من البوبينة الخاصة به كما نلاحظ أن النقطة المساعدة A المتصلة علي التوالي مع البوبينة B، والنقطة المساعدة B المتصلة أيضا علي التوالي مع البوبينة A لمنع وصول التيار عن بوبينة إلي الأخرى حتى بالضغط على مفتاح تشغيلها. كما يضئ المبين الأول منذرا عن توقف المحرك والمبين الثاني عن تشغيل المحرك في اتجاه، أما المبين الثالث لحالة الدوران في الاتجاه المعاكس.

ثالثا: الحساسات التقاربية (PROXIMITY SENSORS)

الحساسات التقاربية تعمل مثل مفاتيح نهاية الشوط وبإمكانيات أفضل لأنها لا تحتاج الى تلامس أو ضغط ميكانيكي كما يحدث مع مفاتيح نهاية الشوط هذا يعتمد علي دخول الحمل في مجال حساسيته فيتغير وضع نقاط ملامسات الحسلس ومنها عدة أنواع فمنها ما يستشعر فقط الأجزاء الحديدية مثل الحساسات التقاربية الحثية (INDUCTIVE PROXIMITY SENSOR) ومنها ما تستشعر الأجزاء العازلة (بلاستيك – كرتون) كالحساسات التقاربية السعوية (CAPACITIVE PROXIMITY SENSOR) وتتميز هذه الحساسات بمدى حساسية قصير (مم) كما يستعان بالحساسات الكهروضوئية



(PHOTO – ELECTRIC SENSOR) للمسافات الكبيرة حيث يعتمد علي نظام الإرسال (مرسل / مستقبل) علي مسافة تصل إلي عدد من الأمتار أحيانا حيث يبث المرسل شعاعا يستقبله المستقبل (عادة يكون منفصل يلزم ضبطه بحيث يصل الشعاع إلي بؤرة المستقبل) وعندما يتقاطع هذا الشعاع مع أي جسم أو شئ آخر يتغير وضع نقاط تلامس الحساس ويستخدم في السلالم المتحركة أو الأبواب الكهربائية للمصاعد وغيرها أو بوابات المطارات ومحطات القطارات والمترو في بعض الأماكن. لما كانت هذه الأجهزة تعتمد علي الشعاع فتتسبب الأتربة والظروف الجوية أحيانا في خفض درجة الحساسية مما ينجم عنه أعطال كثيرة بالآلات المعتمدة على حساسات فقط لعدم نظافة الحساس أو تغيير وضعه المضبوط عليه ويجب أيضا التأكد من جهد التشغيل ونوعيته (متردد أو مستمر). بالنسبة لتوصيل الخلية كهروضوئية فيوجد منه أيضا طرفين بتيار متردد وثلاث أطرف للتيار المستمر لتوصيله مثل الحساسات المغناطيسية بينما استخدام 5 يوفر الإمكانية للعمل مع كلا من التيار المتردد أو المستمر.

5-4: الاستخدامات Applications

تتنوع التطبيقات علي نطاق واسع منها:

1- مفاتيح مراقبة الضغط (PRESSURER SWITCHES)

2- مفاتيح مراقبة مستوى السوائل (*LIQUID LEVEL SWITCHES*)

منها أيضا متممات إلكترونية لمراقبة لأداء نفس الخاصية.

3- مفاتيح نهاية الشوط (LIMIT SWITCHES)

هذه المفاتيح عادية ولها نقطة تلامس أو أكثر مفتوحة ولكنه مصمم للضغط عليه يدويا أما رأس مفتاح نهاية الشوط يتغير تبعا لوظيفته (فصل أو توصيل) الدائرة عند وصول الحمل إلي مسافة محددة في نقطة معينة لا يمكن حسابها بالوقت عن طريق متمم زمني فتشغيل المحرك وقت معين فمن الممكن أن تتغير قيمة هذه المسافة ولو قليلا نتيجة لزيادة الحمل مثلا،

ولذلك يثبت مفتاح نهاية الشوط عند نقطة معينة وعند وصول الحمل إلى هذه النقطة يضغط جزء بارز على مفتاح نهاية الشوط فيتغير وضع نقاط تلامسه فيتوقف المحرك أو يعطى إشارة فصل محرك آخر أو يعكس اتجاه الدوران أو ... ألخ، وتظهر هذه التطبيقات في المصاعد ووسائل التحميل الآلية وغيرها.

4- مفاتيح التوقيت الزمني (TIMER)

يغير المتمم الزمني وضع نقاط تلامسه بعد زمن محدد من توصيله بالتيار مغيرا حالة الدائرة آليا ومنها أنواعا متعددة مثل:

(أ) متمم بالمحرك

يتكون من محرك صغير يدير مجموعة من التروس بينها ترس رئيسي له جزء بارز يتغير وضع الجزء البارز بتغيير تدريج البكرة المسئولة عن ضبط التوقيت أو يقرب هذا الجزء البارز من نقطة التلامس بعد فترة قصيرة وكلما ابتعد طالت هذه الفترة وله أوضاعا متعددة لضبط وتحديد الزمن المناسب للدائرة التي تتعامل مع هذا المتمم الزمني.

(ب) مرحل زمني إلكتروني

هو عبارة عن كارت يحتوى على مكونات إلكترونية تقوم بعمل التفريغ الكهربي في دائرة تحتوي علي مكثف لتحديد الثابت الزمني للتفريغ ومنها طرز مختلفة:

النوع الأول: مزمن بطرفي توصيل ON delay

به طرفين فقط متصلان علي التوالي مع بوبينة الملامسات المراد تشغيلها بعد زمن معين، فعند غلق النقطة k يبدأ المرحل في الأداء ليكمل الدائرة بعد الزمن المحدد وأكثر هذه الأنواع من المرحلات يمكن أن تستخدم في دوائر التيار المتردد أو المستمر، وكذلك بالنسبة للجهد من الممكن أن يعمل نفس المتمم عليه (24إلى 240 فولت).

النوع الثاني: متمم زمني رباعي الأطراف OFF delay

يتصل طرفان علي التوالي مع بوبينة الملامسات لتتصل إليها الإشارة والطرف الثالث يتصل مع مفتاح أو نقطة تلامس ملامس آخر لتغلق عند بداية عمله والطرف الأخير يتصل بالطرف الآخر لنقطة التلامس ومصدر

التيار. عند غلق المفتاح يصل التيار مباشرا إلى البوبينة حتى يفصل المفتاح مرة أخرى فيبدأ العد التنازلي كي يفصل التيار عن البوبينة.

النوع الثالث: مرحل زمني مزدوج (ON/ OFF delay)

يتميز هذا النوع بإمكانية استخدامه **ON delay** أو **OFF delay** بالاستعانة بمفتاح قلاب.

5- لوحة تحكم

يلزم كتابة بيانات جميع الأجزاء المطلوبة لتنفيذ اللوحة والتأكد من سعة كل الملامسات تبعا لقدرة الحمل وظروف تشغيله ويفضل أن تعمل دائرة التحكم بجهد منخفض 24 ف خاصة إذا كانت اللوحة تحتوى على عدد كبير من الملامسات، كذلك يجب تحديد إجمالي عدد نقاط التلامس المساعدة المفتوحة والمغلقة الخاصة بكل الملامسات. توضع وسائل أمان حيث لا يمكن الاستغناء عن وسائل الحماية الرئيسية المغناطيسية الممثلة فى المفاتيح أو المصهر والحرارية كقاطع تجاوز الحمل. يتم تثبيت الأجزاء على اللوحة بالأسلوب المناسب مع ترقيم أو تسمية كل الملامسات كما بالدائرة. يلزم التأكد من إحكام ربط المسامير ويفضل استخدام نهايات توصيل مقننة، ومخرج كل حمل تحدد أطرافه على علب التوصيل.
بالنسبة لدائرة التحكم نجد أن بعض الأجزاء غير موجودة على اللوحة ولكنها موجودة فى الآلة مثل مفاتيح الإيقاف والتشغيل أو مفاتيح نهاية الشوط أو الحساسات وغيرها وبالتالي يجب ترقيمها على الرسم وعلي اللوحة، كما يجب اختبار صلاحية جميع هذه الأجزاء قبل تسليط الجهد عليها.
يلزم اختبار جميع العمليات التي تؤديها الآلة ويتم تثبيت اللوحة على الآلة في المكان المخصص لها بحيث تتأكد من عدم تصادمها بشيء خارجي أو دخول أتربة أو سوائل أو عوائق داخلها، وكل آلة لها برنامجها الخاص بها وعلى أساسه صممت دائرة تحكمها وكل دائرة مختلفة عن الأخرى من حيث مكوناتها وطبيعة عملها وعند إصلاح أي دائرة يجب أولا فهم طريقة تشغيلها وتحديد الخط المعطل هناك أعطال خبيثة لا يمكن للفني بالخبرة أو

الممارسة فقط أن يقوم بإصلاحها ولكن هناك خطوات يجب أتباعها،
وتحديد العطل يجب تفهم عمل الماكينة.

6- التطبيقات الرقمية

هناك الكثير من التطبيقات الرقمية لأجهزة التحكم المبرمج مثل:

1- التحكم في تشغيل وإيقاف المحركات الكهربية.
2- العمليات التتابعية التي تعتمد على الزمن فقط
3- العمليات التتابعية التي تعتمد على الزمن مع ظروف تشغيل معينة.
4- العمليات المشروطة.

هذه التطبيقات تشترك في بعض الخطوات عند تنفيذها باستخدام أجهزة التحكم المبرمج مثل:

1- قائمة التخصيص Assignment List حيث يخصص مدخل من مداخل جهاز التحكم المبرمج لكل جهاز ويجب تحديد نوع الريشة المستخدمة لجهاز المداخل (مفتوحة طبيعيا NO - وهي المفضلة - أو مغلقة NC) ويخصص مخرج من مخارج جهاز التحكم المبرمج لكل وحدة مخارج.

الشكل رقم 4 – 14 (ب)

الشكل رقم 4 – 14 (أ)

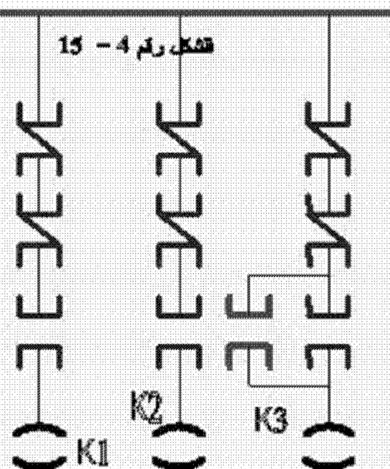
2- الشكل السلمي (التتابعي) حيث لا يختلف عن استنتاج دوائر التحكم الكهرومغناطيسية باستخدام المفاتيح الكهرومغناطيسية مثل الملامسات.

3- التوصيل مع جهاز التحكم المبرمج سواء كان من النوع المتكامل أو المجزأ Module Type.
4- الدائرة الرئيسية وهي لا تختلف عن المستخدمة في دوائر التحكم التقليدية باستخدام الملامسات.

فمثلا مع المنظومة الميكانيكية لحركة مجموعة من السيور المتتابعة لنقل خامات في صومعة غلال ولتحريك المنظومة يتم تشغيل السير الأول ثم الثاني فالثالث ومع زيادة الحمل علي محرك السير الأول يتوقف السيرين الآخرين، أما إذا زاد الحمل علي السير الثالث فهو الذي يتوقف فقط، ويقدم الشكل 4-14الدائرة الرئيسية لجهاز PLC (الشكل4-14 أ) وللمحركات (الشكل4-14 ب). من الجهة الأخرى يعرض الشكل رقم 4- 15 نظرية عمل الشكل السلمي لنقل السيور عن طريق المحركات الخاصة بها.

أولا: التشغيل

عند الضغط على ضاغط التشغيل S2 تغلق ريشة S2 الموجودة في الخط الأول فيكتمل مسار التيار K1 ويقوم بغلق ريشته المفتوحة K1 الموصلة بالتوازي مع ضاغط S2 (الخط الأول) فيعمل على الإبقاء الذاتي لمسار التيار بعد إزالة الضغط عن ضاغط التشغيل S2 وكذلك تغلق ريشة K1 في الخط الثاني فيكتمل مسار تيار K2 ويعمل K1 وتباعا تغلق ريشة K2 المفتوحة بالخط الثالث فيكتمل مسار K3 وتعمل المحركات الثلاثة وعند حدوث زيادة في الحمل على محرك السير الأول تغلق ريشة المتمم الحراري F2 الموصلة لجهاز PLC فتصل إشارة عالية للجهاز للمدخل I 0.2 فتنعكس حالة ريش F2 في الشكل السلمي وبالتالي ينقطع مسار تيار K1وتباعا تفتح ريشة K1 في الخط



الثاني فينقطع مسار تيار K2 وتباعا تفتح ريشة K2 وتباعا تفتح ريشة K2 في الخط الثالث فينقطع مسار تيار K3 وتتوقف المحركات الثلاثة.
عند زيادة في الحمل على محرك السير الثاني تغلق ريشة المتمم الحراري الموصلة مع جهاز PLC بالمدخل I 0.0 فتنعكس حالة ريش I 0.4 بالشكل السلمي ومن ثم تفتح ريشة F4 في الخط الثاني وينقطع مسار تيار K2 وتباعا تفتح الريشة K2 الموجودة في الخط الثالث فينقطع مسار تيار K3 وتتوقف المحركات M2,M3 فقط وعند حدوث زيادة في الحمل على محرك السير الثالث تغلق ريشة المتمم الحراري F6 الموصلة بجهاز PLC مع المدخل I 0.4 فتنعكس حالة ريشة F6 في الخط الثالث وينقطع مسار K3 ويتوقف المحرك M3 فقط وأثناء دوران المحركات الثلاثة يمكن إيقافهم بواسطة ضاغط الإيقاف S1 فعند الضغط عليه تغلق ريشة S1 الموصلة بجهاز PLC مع المدخل I 0.1 فتصل إشارة عالية لجهاز PLC ينتج عن انعكاس حالة ريش S1 في الشكل السلمي فينقطع مسار تيار K1 وتباعا ينقطع مسار تيار K2 وتباعا ينقطع مسار تيار K3 وتتوقف المحركات الثلاثة.

ثانيا: الأعطال

يوجد عدد من المشاكل التي تتعرض لها الأنظمة العاملة بأجهزة التحكم المبرمج PLC وهي:

1- تلف في CPU
2- سوء تكميل البرامج
3- الذاكرات الخارجية
4- استخدام خاطئ للدالة Force
5- مشاكل في البرامج
6- مديولات المداخل أو المخارج أو الاتصالات Bus Modules
7- نظام التحكم بجهاز PLC وفي هذه الحالة يلزم تحديد المشكلة ومدى الخلل في التشغيل.

هناك أيضا المشاكل التي تؤدى لتعطيل كلى لنظام التحكم فمثلا عند التوقف الكامل لنظام التحكم يجب فحص الموحد المشع (مبين الحالة STATUS) لوحدة المعالجة المركزية CPU ويعمل على وضع RUN فإذا كان CPU

على وضع STOP بالرغم من أن مفتاح الوظيفة MODE SW الخاص بـ CPU على وضع RUN فهذا عادة يكون ناتجا إما عن انقطاع وعودة التيار الكهربي أو انخفاض جهد البطارية وهذا يحتاج إلى دراية كاملة بالبرامج فقد تستخدم بعض بلوكات النظام مثل OB S في ذلك ويمكن معرفة سبب المشكلة التي أدت إلى عمل CPU على وضع STOP بمراجعة Interrupt Stack أو Control Bits ويمكن الرجوع إلى كتالوج جهاز التحكم المبرمج للتعرف على كيفية تحقيق ذلك وأحيانا تظهر شاشة على جهاز البرمجة تعطى سبب المشكلة أما إذا كان CPU على وضع RUN ومبين حالة RUN مضاء فيجب فحص موديولات الاتصالات Bus Modules وذلك بفحص مبينات حالتهم لمعرفة أين المشكلة أو التأكد من التوصيل الجيد لمسار الاتصال مع CPU في حالة عدم توفر مبينات حالة لها ، أما إذا كان CPU على وضع RUN ومبينات حالة RUN, STOP غير مضيئة في هذه الحالة يجب فحص مصدر القدرة .Power Supply

الفصل الخامس

الخدمات الصناعية

INDUSTRIAL SERVICES

تعتبر ظروف وطبيعة وخطوات الإنتاج الصناعية من العوامل الهامة لأداء العمل الصناعي وتمثل الخدمات الصناعية أساسا للعمل الصناعي الجيد لأنها الجزء غير المرئي وهي تأخذ أوانا متباينة حسب نوع الصناعة وطبيعة المنشآة والمناخ والظروف الجوية المحيطة للمصنع ككل، ولما كانت أعمال وإجراءات التخزين عنصرا هاما في هذا الصدد فكان من الضروري التعامل مع موضوع التخزين في المنشآت الصناعية بجانب تلك الموضوعات الخدمية الأخرى، ومن ثم نفتتح هذا المجال في سياق الفصل الحالي من هذا الكتاب. تلعب المخازن العامة في المواقع الصناعية واحدا من أهم المواقع في المصانع عموما وبالرغم من أن التخزين عموما قد يكون ظاهره بعيدا عن الأعمال الهندسية إلا أنه في جوهره مفهوما وأسلسا هندسيا علاوة علي أن الشكل النمطي من المخازن يتمثل في أحمال كهربية مقننة تعتمد علي الأحمال القياسية لهذه النوعية من المخازن ومن ثم يكون ضروريا التعرض لمفهوم التخزين من وجهة نظر هندسية بحتة و لماذا نحتاج الى عملية التخزين مع مراعاة الناحية الإدارية في الإجراءات المخزنية, وكذلك المقصود بعملية التخزين الصناعي وعناصره وهي التى يمكن تصنيفها الى العديد من الأشكال داخل كل صنف والذي بدوره يتم تقسيمه لى العديد من الأنواع. إنشاء المواقع المخزنية داخل المصانع وخصوصا المصانع الإنتاجية يعتمد إلي درجة كبيرة كما تتم عملية أختيار موقع المخزن بناء علي بعض الأسس الهندسية الفنية والنواحي التنفيذية العملية التى يتم عليها الأختيار وكذلك التصميم المعماري لهذه المخازن وما يضعه من قواعد للإختبار المبدئي.

5-1: التخزين

يقصد بالتخزين تجميع الأصناف المتعددة من البضائع فى مكان ما لحين إستخدامها, أى خلق المنفعة الزمنية بشرط ملاءمة الموقع للحفاظ علي هذه المخزونات من الناحية الهندسية والتأكيد علي عدم تعرضها للتلف

بجانب تلك الظروف الهامة التى تحرك الرغبة فى التخزين والتي تتمثل فى القيمة الأقتصادية لهذة الوظيفة (مثل الأسعار والتسويق وخلافه)، والتي يمكن ذكرها في ما يلي:

(أ) مواجهة المقتضيات الطبيعية للصناعة

بالرغم من التقدم الهائل والسريع فى وسائل المواصلات والأتصالات مما سهل عمليات تحويل السلعة من مراكز إنتاجها الى مواطن إستهلاكها أو أستخدامها – وتشمل رفع وتحميل وإنزال المخزونات من المخزن إلي الأداة الناقلة وبالعكس في موقع الإستهلاك. نجد أن متطلبات الصناعة لازالت تستلزم القيام بتخزين كميات هائلة من السلع والمواد لمواجهة مقتضيات وظروف الأنتاج تراعى المنشأت الصناعية عند تخزينها للسلع والمواد، طبيعة السلعة المخزونة وظروف تخزينها وقوة احتمالها للتخزين، وامكانياتها المالية، وامكانيات المخازن المعدة لتخزين هذة السلع وظروف انتاجها،وكذلك المدة التى تستغرقها المنشأة فى الحصول على سلع ومواد جديدة من الموردين لمستلزمات المصنع (نقطة بداية).

(ب) الأنتاج الموسمى

هناك العديد من المنتجات الصناعية تكون موسمية مثل تلك التي تعتمد علي المنتجات الزراعية خلال مواسم معينة، وهي التي تحتاج إلي تخزينها أذا كانت هناك رغبة فى أستهلاكها على مدار السنة أو على الأقل فى أوقات أخرى غير المواسم التى تنتج فيها الزراعة. فمثلا القطن والحبوب والطباق عبارة عن أمثلة للسلع التى يمكن تخزينها لعدد من السنين دون أن يصيبها تلف كبير، وهناك الأدوات الكهربية المعمرة مثل الثلاجات تستخدم لحفظ كثير من السلع والمنتجات سريعة التلف (كالزبد والبيض والتفاح) حتى يمكن أن تمول بها لجهات مختلفة بشكل منتظم نسبياً. وجدير بالذكر أن الثلاجات كما أنها تعامل مثل المخزونات المعمرة كما أنها من الممكن أن تكون المخزن الهندسي المناسب لنوعيات محددة تحتاج إلي درجة الحرارة المنخفضة أو الثلاجات المجمدة لتجميد المخزونات في حالات أخرى.

(ج) السلعة

يهتم الإقتصاديون بالأضافة الى المنفعة الزمنية بالتأثير المباشر وغير المباشر في طبيعة السلعة المخزونة, فمثلا قد يخلق التخزين منافع جديدة للسلعة عن طريق تغيير طبيعتها أو شكلها، والمعروف بأسم "منفعة مضمونية السلعة"، فمثلاً نجد الطباق والجبن والخشب تزداد منفعتها بتخزينها لمدة طويلة فكثيرا ما نسمع عن وجود الجبن القديمة مثلا.

(د) السعر

أحيانا تختزن المنشآت الصناعية والإنتاجية عموما كميات كبيرة من السلع أو المواد لغرض المضاربة, من أجل الاستفادة من التغير فى الأسعار مستقبلا فى المشروعات الصناعية تشترى مستلزمات الأنتاج بما يسمى "بالشراء للمستقبل"، والتخزين هام لمواجهة متطلبات الأنتاج لضمان الأنتظام التام فى عمليات الشراء والتوريد والنقل - للإيفاء بحاجة المنشأت فى الوقت المناسب ضمانا لعدم توقف العمليات الإنتاجية في أي من مراحلها. لذلك تهتم المنشأت الصناعية جوهريا علي عملية التخزين لتكملة عملية الشراء، وخدمة عملية الأنتاج والأجهزة المختلفة بأمدادها بحاجتها فى الوقت المناسب.

أولا: وظيفة التخزين

تطورت أبعاد وأساليب وظيفة التخزين مع زيادة الأهتمام بهذه الوظيفة الحيوية، وأصبحت الأعمال المتعلقة بالتخزين كأختيار نوع المخازن ومواقعها وتصميمها وتنظيمها داخليا وأمدادها بالأمكانيات والأدوات والقيام بأجراءات التخزين وأدارة ومراقبة المخازن، وهيأعمال متخصصة في كفة أنواع المنشأت وخصوصا تلك الصناعية.فقد أثبتت التجارب والدراسات تأثير هذة الأعمال والأنشطة على كفاءة ونجاح وأستمرار العمل بصفة عامة، وعلى أعمال الأدارات الأخرى و كفاءتها بصفة خاصة. المخازن ليست مجرد مكان للمحافظة على المخزون وحسب بل يجب أن لا تسند إدارة وحماية المخازن الى مجموعة من العمال والموظفين غير المؤهلين بعملية نقل المواد وترتيبها وصرفها من المخازن فقط بل هي عملية علمية وهندسية وإدارية من الناحية الإنتاجية قبل أي تصور آخر، فللجهل بوظيفة التخزين ودورها الحيوى يدل علي الفشل الذريع وتظهر نتائج ذلك على كفاءة ونجاح المشروع الإنتاجي ككل.

فالتخزين له أسسه العلمية حيث يعتبر عملية مزدوجة فنية وإقتصادية تعمل على مواجهة الحاجات الفعلية لجهات الإستخدام بالموجودات فى المخازن,وأحكام الرقابة على أستخدام ها.

إن التخزين يعبر عن تخطيط وتنظيم عملية أستلام المواد والمستلزمات والمنتجات علاوة علي المحافظة على المخزون المناسب وجودته، وأمداد جهات الأستخدام بأحتياجاتها فى الوقت المناسب ومراقبة كفاءة الأداء كي تنخفض التكاليف الى أدنى حد ممكن حتي تتوافق النظرة الأدارية والهندسية السليمه لوظيفة التخزين. يتوقف نظام التخزين على ظروف المنشأت و حاجاتها فعلى سبيل المثال عندما تكون ظروف السوق ساكنة و مستقرة ويسهل التنبوء بالطلب بدقة, يمكن تخزين المواد والمنتجات لفترة قصيرة، وبلعكس عندما تتغير ظروف السوق ويصعب التنبوء بالطلب ، يكون التخزين لفترة طويلة. هناك بعض المنشأت تتبع منهج الأختيار السريع الذى يعكس حقيقة الفهم الشامل للأموال المعطلة والتكلفة العالية للأحتفاظ بالمخزون,من أجل تدوير دورة رأس المال بسرعة مناسبة.

فى منشأت صناعية مثل صناعة السيارات, تحتاج الى توريد مواد وأجزاء مختلفة أسبوعيا,تتكلف الملايين من الجنيهات، بينما قد تحتاج المواد الضخمة الغالية الى التوريد أولا بأول أذا أمكن متابعة تدفقاتها فى المواعيد المحددة. ففي حالة الحرب تختلف أدارة المخازن بها عن تلك في المنشأت الصناعية، إذ يجب توفير كافة الأحتياجات من معدات حربية وذخيرة لتخزينها بالموقع. لتكون جاهزة وفقا للأوامر من القيادة مثل السفينة الحربية التى تبدأ رحلة طويلة فى مهمة حربية بحرية، تقوم بتخزين الذخيرة الحربية، الوقود، الطعام ،والملابس وكل أحتياجاتها الأخرى التى تكفى لفترة محددة.إضافة إلي معامل أمان تحسبا للطوارئ. هناك منشأت أخرى مثل المنشأت التجارية للبيع بالجملة والتجزئة (شركات الطيران - معامل تكرير البترول - المناجم - شركات الكهرباء – المستشفيات – المدارس - الشركات الزراعية ...... الخ).

ثانيا: المخزون

يعتبر المخزون عن كافة الموجودات التى يحتويها المخزن، سواء كانت مواد خام أو داخلة فى الأنتاج أو الموجودة أثناء التشغيل أو حتى إن كانت

المنتج ذاته، وكذلك العناصر نصف المصنعة التى يتم تشغيلها, بجانب تلك المواد المساعدة والمواد المرفوضة (بناء علي التفتيش الفني أو من تجارب جودة الإنتاج) كما يعبر عن المنتجات المرفوضة، أو تلك التى تحتاج الى أصلاح أو معاينة فنية، وتعتبر مواد الصيانة وأيضا التغليف والتعبئة من مشتملات المخازن بالأضافة الى البضائع الراكدة والالات والمعدات الخردة. يتطلب تخزين هذه العناصر مراعاة بعض الأعتبارات للحفاظ على عناصر المخزون وتخزينة وفقا لأسس علمية سليمة أهمها:

أ- تصميم ومواصفات مختلف عناصر المخزون.

ب- الخصائص الطبيعية والتركيب الكيميائى للمواد ويشمل هذا أحجام المواد وأشكالها لما لهذا العنصر من تأثير على طريقة التخزين.

ج – أوزان وطبيعة وحالة هذه المواد وتأثيرها درجة الحرارة والرطوبة وضوء الشمس أو الأهتزازات الميكانيكية والصدمات المفاجئة والأحوال الجوية.

د – الكميات المخزونة ومقدار التنوع في كل من عناصر المخزون.

أما المخزون قد تتباين أشكاله علي نطاق واسع مثل:

1- المواد الأولية

يحصل عليها المشترون الصناعيون من مصادر التوريد المتعدده سواء كانت صناعية منجمية أو زراعية مثل المعادن أو المواد الدقيقية مثل الدقيق والأسمنت والحبوب أو الفواكة وغيرها. تتميز هذه المواد غالبا بكبر الحجم والوزن ويترتب على ذلك أرتفاع تكاليف نقلها، ومن ثم تتطلب أساليب معينة فى تخزينها ويعمل المشترون الصناعيون على توطيد علاقاتهم بموردي هذه المواد لضمان الحصول عليها فى الأجل الطويل وبصورة دائمة وإلا كان عليهم فتح ساحات ومناطق كبيرة للتخزين لتغطية الإحتياجات الضرورية لأطول فترة زمنية ممكنة.

2- الأجزاء المصنعة

يقصد بالأجزاء المصنعة تلك المواد التى تتحول الى سلع تامة الصنع بعد أجراء عمليات تشغيلية معينة عليها مثل الغزل حيث أن الأجزاء المصنعة تعتبر مكون تام لا يمكن أستهلاكة مباشرة ولكن لابد من أدخالة فى تصنيع

سلع أخرى دون التأثير على شكله مثل مكونات الراديو والتليفزيون وغيرها.

3- المهمات

مستلزمات وعناصر لازمة لصيانة المعدات أو أجهزة التشغيل وهي أدوات ومهمات أساسية لضمان أستمرار الأنتاج دون توقف مثل الشحومات، الزيوت .... أو تلك المواد التي تسهل عملية الأنتاج والتسويق وغيرها داخل المشروعات حسب نوعية وظروف كل صناعة.

4- المواد

هى المواد التى توجد فى مواقع الإنتاج الفعلية، أما لترحيلها لعمليات صناعية أخرى أو أجراء بعض الأصلاحات والتعديلات عليها ولهذا فهى عناصر غير تامة الصنع ولكنها قد مرت بأحد المراحل الأنتاجية، ويلزم أن تحفظ هذه المواد في مخازن مجاورة لخطوط الأنتاج وهي المواد التي يجب أن تعالج مباشرة فترحل لباقى الخطوط دون أنتظار منعا للأختناقات الأنتاجية.

5- أجهزة القياس

إنها مجموعة من الاجهزة متباينة الاستخدامات تساعد فى قياس ابعاد واشكال عناصر المخزون وتحديد أي انحرافات قد تحدث وهي أيضا المستخدمة لتحديد مستوى جودة المنتج.

6- المخلفات الصناعية

تتمثل المخلفات الصناعية فى البواقى او الراكد او عادم العمليات الصناعية مثل الفضلات أو الزيادات الحديدية أو الزجاجية أو الخشبية ويدخل فى هذا ايضا نفيات الزيوت والشحوم، وهذه المخلفات نحن في حاجة إليها لأنها تمثل قيمة إقتصادية حتي وإن كانت القيمة بسيطة إلا أنها تدخل في دورة رأس المال.

7- الاصناف منتهية الصلاحية

تشمل نوعيات متباينة من السلع: الاصناف المتقادمة هى التى تخرج عن نطاق الاستخدام العادى لها حتى وإن امكن استخدامها فى اغراض أخرى. اما الاصناف الراكدة فهى تلك التى انتهت طرزها واصبحت قديمة وليست مطلوبة فى السوق, مثل الملابس الجاهزة. أما اصناف الخردة فهى التى

انتهى عمرها الاستهلاكي والافتراضي وأصبحت غير صالحة للاستعمال نهائيا مثل الآلات والمعدات والسيارات، ومن ثم يلزم التخلص منها ولكن باسلوب إقتصادي لعرضها للبيع في الحالات التسويقية أو في مزادات للحصول علي المقابل المادي بدلا من إهلاكها ماليا. كلها تحتاج إلي نظام مخزني يؤدي إلي الربح أيضا.

8- التعبئة والتغليف

تتمثل أساليب التعبئة والتغليف في العبوات التي تخصص لتعبئة المواد والسلع التامة وأيضا المواد التي تستخدم في حزم وربط هذه العناصر بجانب مواد التغليف من ورق وخيوط وخلافه (صناديق الكرتون – الأخشاب - الزجاجات – البراميل - الأقفاص - الأحزمة المعدنية - الخيوط البلاستيكية) بجانب العلامات الدالة على جهة الصنع واسم المصنع وعلامته التجارية. كما يمكن إستخدام أسلوب التعبئة لتخزين المواد الخام أحيانا أو لتلك الأجزاء نصف المصنعة أحيانا أخري، ويلزم أن تكون هذه الخطوة غير مجهدة ماليا (أي بدون زيادة تكلفة) أو أن لا تكون فاسدة أي صالحة للإستخدام لعمر طويل.

9- المنتج

يمثل المنتج القيمة المالية المتداولة من رأس المال وهي القيمة القصوي ماليا بين جميع المكونات لأنها هي التي استهلكت جميع المواد الخام بجانب الخطوات الإنتاجية والطاقة الكلية للمصنع ومن ثم يجب الحفاظ عليها لحين طرحها في الأسواق والبيع المباشر.

10- عناصر أخرى

تحتوى مخازن المشروعات الصناعية والخدمية العديد من الأصناف المتنوعة والتي لا تندرج تحت العناصر السابق ذكرها , ولكن تتطلبها طبيعة أنشطة كل عمل وبالتالي فان هذه العناصر تختلف في أحجامها وأنواعها من منشأة إلى أخرى (أدوات النظافة والحريق – أثاث – أقمشة - ملابس جاهزة - أدوات ترفيهية - أدوات معملية أو طبية).

ثالثا: أهداف التخزين

يتمثل الهدف الرئيسي لأنشطة التخزين بالمنشآت الصناعية في خدمة العمليات أو الأقسام الإنتاجية لأداء العمل بأعلى كفاءة ممكنة، ومن هذا تتفرع مجموعة من الأهداف التي تساهم فى تحقيقة مثل:

1- دقة الاستلام للمواد والمنتجات المطلوب تخزينها ومطابقتها للمواصفات القياسية - ودقة الصرف المخزني.

2- ضمان تدفق المواد والأجزاء والأدوات والمعدات وكل ما يلزم لأقسام الأنتاج أو التشغيل لمواجهة احتياجاتها فى الوقت المحدد دون تأخير وبالكميات المناسبة تبعا للمساحات والفراغات المتاحة وبالجودة المطلوبة والخاضعة للمواصفات القياسية.

3- المحافظة على المخزون من التلف أوالضياع أوالفقد مع تقليل التكلفة الى ادنى حد ممكن من خلال العناية بادارة المخزون وتوفير الظروف المناسبة للتخزينوالقضاء علي أي خلل قد يضر بالمخزون.

4- تقليل تكاليف التخزين للاحتياجات من خلال احكام نظام مراقبة المخزون الذى يضمن عدم وجود مخزون اكثر من الحاجه أو راكد. الامر الذى يؤدى الى تقليل تكلفة راس المال المستثمر فى المخزون وكذلك تكاليف المخازن.

5- كفاءة استخدام المساحة المخصصة للتخزين فنيا وزمنيا ومعدات التخزين استهلاكيا وادوت النقل كفاءة بما يضمن تتقليل التكاليف دون المسلس بكفاءة عمليات الاستلام والصرف والمحافظة على المخزون بحيث أنه لا يجب أن تكون تكلفة التخزين باهظة مما قد يتعدي التكلفة الفعلية للسلعة المنتجة وذلك بأن تتم الأعمال الهندسية، كما يجب إضافة إلي التأكيد علي المحاور المتعلقة بانشاء وإدارة المخازن علي الوجه الكامل لتلبية ضروريات العمل ويمكن تحقيق هذا المبدأ من خلال اتباع المظم الهندسية المتطورة ومواكبة التقدم التقني في هذا المجال بصفة مستمرة. ويمكن حصر هذه الأعمال من خلال العناصر التالية في هذا الفصل.

2-5: تخطيط المواقع المخزنية

تخطيط المخازن يعني كيفية تحديد المساحة المطلوبة والموقع المناسب للمخزن وهو أمر هندسي يحتاج إلي الدراسة والتحليل سواء للمدي

القصير أو المدة طويلة الأجل كما أن هناك عدة عوامل يجب أن تؤخذ في الحسبان لتقدير ذلك:
أ) نوعية وحجم ووزن الأصناف المطلوب تخزينها وما يتطلب ذلك من خدمات نقل ومناولة وعمليات استلام وصرف وخدمات إدارية.
ب) سهولة وسرعة استلام المواد من الموردين وشركات النقل وتخزينها، ثم القيام بصرفها الى مراكز الانتاج كل في موعده ودورته.
(ج) تظهر كفاءة ادارة الشركات في حالة ما اذا كانت مقيدة بموقع معين ومساحة محددة حيث تقوم بعمل تصميم داخلى دقيق للمخازن عن طريق تقسيم المساحة المتاحة بقدرة فائقةلتخزين الأصناف ووضع الممرات وكيفية خدمة وسائل النقل والمناولة والخدمات الادارية المطلوبة بالطريقة المثالية التي تعطي أقصر زمن وأقل مجهود مع أدني تكلفة مالية لحركة المخزون إلي داخل المخزن ثم إلي خارجه.

أولا: أهمية المخازن

تظهر اهمية تخطيط المخازن فى تحقيق الأهداف التالية:
(أ)سهولة وسرعة الاستلام والتخزين والصرف.
(ب) سهولة الوصول الى الاصناف والتعرف عليها .
(ج) المحافظة على المخزون وحمايته من المخاطر.
(د) اقتصادية استخدام المساحة وتقليل التكاليف .
هناك عوامل متعددة يجب اخذها في الحسبان عند تقدير المساحة المطلوبة للمخزن لتحقيق الأهداف السابقة بناء علي التخطيط الجيد والتقدير السليم للمساحة للمخازن المطلوبة. واعلنت لجنة التكنولوجية البريطانية نتائج بحث أجرته على 26 مصنع – حيث تلاحظ عدم اهتمام اغلب هذه المصانع لتخطيط المخازن وتقدير المساحات اللازمة لها وهي:
أ) تنقسم مساحة المصنع بالتساوي دائما في ما بين كل من الأقسام الإنتاجية والمخازن.
ب) استخدام عشرة من الشركات 26 استخدام ضعيف لمساحات المخازن.
ج) عدم استخدام مساحة المخازن بالكامل بل الثلث فقط، مما أدى إلى قصور في المناولة.

د) عدم قدرة هذه المصانع فى استخدام الآلية فى المناولة، كنتيجة لعدم التخطيط الانسب.
ه-) استطاع الثلث من المصانع تخفيض تكاليف تخزينهم عند اعادة تخطيط المخازن.
و) في بعض الحالات استلزم تعديل بسيط لأحد الأبنية من أجل التطوير ولكن فى أخرى استلزم اعادة البناء من جديد للقضاء على المعوقات التى نشأت من التخطيط القديم.

ثانيا: تخطيط المخازن

تتضمن عملية تخطيط إنشاء المخازن عددا من المحاور نذكرها في ما يلي:

المحور الأول: قاعدة المعلومات

يمكن وضع المعلومات الضرورية للتخطيط السليم في الشكل الآتي:

1-عدد ومواقع الوحدات الأنتاجية التى سيقوم بخدمتها المخزن.

2- تصنيف المخزونات علي نحو نوعي كما يلي:

أ) الأصناف الصغيرة التى يمكن تخزينها فى الأدراج أو الصناديق
ب) الأصناف التى تخزن فى أرفف نقالة خشبية أو معدنية
ج)الأصناف الثقيلة التى يفضل تخزينها على ارضية المخزن
د) تفضيل تخزين الاصنف (صناديق - اقفاص - علب كرتون - ....).
هـ) الاصناف التى تحتاج لحوامل وأرفف خاصة مثبتة
و) الأصناف التى تحتاج لتسهيلات خاصة لتثبيتها
ى) مواد يمكن حفظها خارج المخزن

3- أوزان أو مقلسات المواد التي تسلم وتصرف من المخزن يوميا.

4- أحتياجات المخزن من المعدات والآلات والأدوات للمناولة (الاوناش – الناقلات - الرافعات).

5- عدد عربات الشحن اللازمة و مواعيد كل منها.

6- فى حالة أستخدام السكك الحديدية يلزم تحديد عدد عربات الشحن المطلوبة لدخول الأصناف ولشحنها من المخازن ومواعيدها.

7- الحاجة إلي وسائل المائية الداخلية أو الخارجية.

8- عدد ونوعية الموظفين والعمال الواجب تشغيلهم.

من هذه المعلومات يمكن تحديد موقع المبانى والحجم والمساحة التقريبية والخطوات العريضة هندسيا.

المحور الثانى: مساحة التخزين

هناك عدة أعتبارات أساسية يجب أخذها فى الحسبان عند القيام بإختيار موقع التخزين وهى:

(ا) أحتمالات التوسع فى المستقبل وذلك عن طريق المرونة فى أستخدام المساحة المتاحة.

(ب) القرب من وسائل النقل التى يمكن أستخدامها.

(ج) مدى توفر البنية الأساسية, كالمياه والكهرباء ..... الخ بجانب الأيدى العاملة.

(د) مؤشرات تغيرات الظروف الأقتصادية والسياسية واثرها على الموقع.

(هـ) مراعاة اعتبارات الامان وتجنب مخاطر الحرائق والسرقات او الكوارث.

(و) تحديد التكاليف وفقا للامكانات المتاحة مع المفاضلة بين انشاء المخزن او تاجيره وتشغيله.

بعد تحديد الموقع ننتقل الى الخطوة التالية وهى التصميم الداخلى للمخزن:

المحور الثالث: التصميم الداخلى للمخزن

وفقا لجميع المعلومات التى ذكرت سابقا ويتم التصميم الداخلى بناء على:

أولا: تقدير المساحة المطلوبة

يتم تقدير هذه المساحة وفقا لدراسة الاعتبارات الاتية:

1 - نوعية المواد المتوقع استلامها وكمياتها والمجموعات التى تنتمى اليها.

2 - تحديد المواد التى سيتم تخزينها حيث ان بعض المواد تذهب مباشرة الى مواقع الانتاج وبالذات الانواع الضخمة مع حساب تكلفة النقل.

3 - تحديد متوسط المخزون وحده الأقصى المطلوب الاحتفاظ به من كل صنف ومعدل وكمية الاستخدام بجانب ظروف التوريد واسلوب مراقبة المخزون.

4 - تحديد المساحة المطلوبة للتخزين.

2 - تحديد المساحة المطلوبة للتخزين.
3 - تحديد ادوات ومعدات التخزين (العبوات والحاويات) وكذلك معدات وادوات نقل.
4 - تحديد احتياجات المساحة اللازمةلعمليات الاستلام والصرف من مكاتب ادارة المخزن والفحص ومعدلات الحركة وعدد السيارات التى تصل المخزن وعددالعاملين به.
5 - عدد المتعاملين معه وعدل تواجدهم وعدلات الصرف.

علي سبيل المثال:يفترض ان المطلوب تخزينه نوعين فقط من المواد: 35550 لتر من مادة كيماوية خلال شهر، والوعاء الواحد حجمه 10 لترات ومادة عازلة 36752 كيلوجرام خلال شهرين، وحجم الصفيحة 200 كج والمطلوب تقدير المساحة اللازمة للتخزين فى حالة:

1- وحدة التخزين للمادة الكيماوية يساوى 72 كيس وللمادة العازلة يساوى 2 صفيحة.
2 - المساحة اللازمة لتخزين الوحدة من المادة الكيماوية 20 قدم و للمادة العازلة 2 قدم.
3 - المساحة المطلوبة للمعدات وادوات المناولة 30%.

الحل: يتم أولا تحديد الاوعية سواء الاكياس او الصفائح المستخدمة فى التخزين ويتم تحديدها بقسمة الكمية اللازمة خلال الشهر على الوحدات فى الوعاء الواحد وفقا لطريقة الحفظ

عدد الاكياس = $3555 = \frac{35550}{10}$ **كيس** **(1-5)**

عدد الصفا ئح = $\frac{36752}{100}$ **صفيحة** **(2-5)**

ثم يتم حساب عدد وحدات التخزين بقسمة الوحدات الناتجة من المرحلة السابقة على العدد داخل وحدة التخزين الواحدة بالصيغة:

عدد وحدات التخزين = $\frac{\text{عدد الاوعية (اكياس / صفائح)}}{\text{وحدة التخزين الواحدة}}$ **(3-5)**

عدد وحدات التخزين الكيماوية = $49 = \frac{3550}{72}$ **وحدة**

تحديد المساحة اللازمة للتخزين عن طريق ضرب المساحة اللازمة لتخزين وحدة التخزين الواحدة × عدد وحدات التخزين.

المساحة اللازمة للمادة الكيماوية = 49 × 20= 980 قدم^2

بفرض أن التخزين لهذه المادة على طابقين نحصل علي:

المساحة المطلوبة = $\frac{980}{2} = 480$ قدم^2

المساحة اللازمة للمادة العازلة = 184 × 2 = 368 قدم^2

اجمالي المساحة المطلوبة للمواد = 858 قدم^2

30% للمعدلات والحركة وادوات المناولة = $\frac{858 \times 30}{100} = 257$ قدم^2

اجمالي المساحة اللازمة للتخزين = 858 + 257 = 1115 قدم^2

نلاحظ من النتائج أن:

1) المساحة المحددة للمخزن تتناسب وحجم ونوعيات المواد المخزنة وامكانيات تداولها بسهولة ويسر.

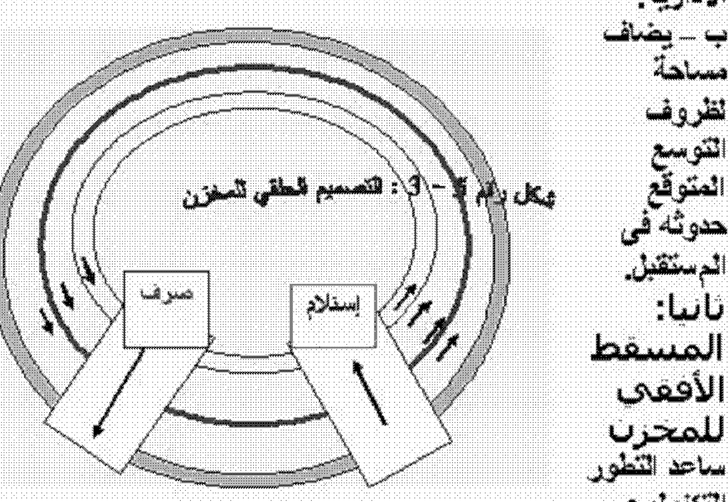
2) المساحة المحددة للمخزن تشمل نسبة مساحة اضافية تمثل 30 % من اجمالي المساحة المخصصة للمخزون لتمكن من حرية الحركة وسهولة استخدام المعدات او ادوات المناولة بجانب تسهيل عمليات النقل.

3) المساحة الاجمالية للمخزون من المساحتين السابقتين تصبح: المساحة المطلوبة

شكل 5-1 : التصميم الداخلي للمخزن على شكل الخط المستقيم المفتوح

أ —

تتخزين المواد = 858 قدم^2
ب – المساحة المطلوبة للحركة والمناولة والمعدات = 257 قدم^2
ج - المساحة الكلية اصبحت = 1115 قدم^2
4) يجب بجانب المساحات السابقة, أن نأخذ فى الاعتبار ما يلى واضافتهم لهذه المساحات:
أ – يضاف مساحة بالاستلام والتسليم وايضا التى ستخصص للشئون الادارية.
ب – يضاف مساحة لظروف التوسع المتوقع حدوثه فى المستقبل.



شكل رقم 5 – 3 : التصميم الحلقي للمخزن

ثانيا: المسقط الأفقى للمخزن

ساعد التطور التكنولوجى فى مجال اسلوب ومعدات التخزين فى التقدم الهائل وتحقيق اكبر استفادة ممكنة من المساحة المتاحة, حيث يمكن ان يتحول المخزن الى طوابق أو أدوار قد تتجزأ كي تصل حتى سقف المخزن بل ومن الممكن في بعض الحالات أن ينزل بالمخزن إلي ما دون سطح البحر (هذا إن لم يكن مطلبا جوهريا في تخزين مقذوفات التسليح مثلا). هناك طرق مختلفة للتصميم الداخلى تبعا لنظام التخزين وهي:

1 - الخط المستقيم

هى الطريقة التى تتحرك فيها المواد من المخزن فى خط مستقيم من موقع الاستلام الى موقع الصرف كما يوضحه الشكل رقم 5-1 حيث يكون

الدخول من جهة والخروج من الجهة الثانية وهو صالح لمخازن المواد الثقيلة أو تلك التي تحتاج إلي ناقلات ضخمة إلي غير ذلك.

2- الشكل المغلق بحرف (u)

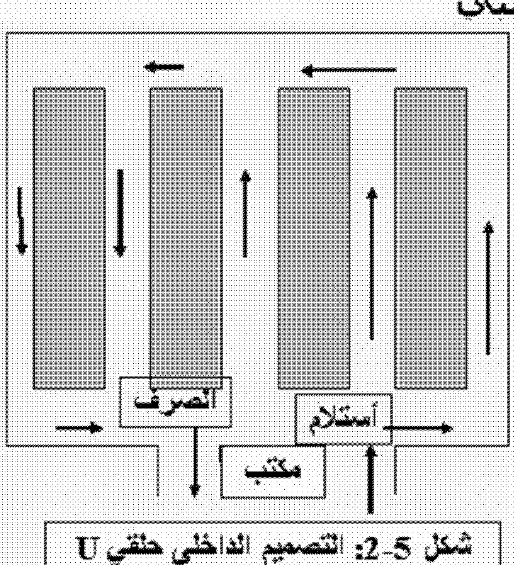
هنا تتحرك المواد على شكل u من موقع الاستلام الى موقع الصرف كما يوضحه الشكل رقم 5-2، وفيه يكون الدخول والخروج من ناحية واحدة ويكون الإشراف الإداري مركزا عند البوابة الواحدة الموجودة بالتصميم وهذا الشكل مناسب للمخازن الخاصة بالمخزونات الصغيرة.

3 - التصميم الحلقى

فى هذا التصميم تتحرك المواد على شكل دائرى من موقع الاستلام الى موقع الصرف كما يوضحه الشكل رقم 5-3 ، وجدير بالذكر أن هذا التصميم يتلاءم مع بعض نوعيات المخزونات وتبعا لطريقة التخزين ومتطلباته كما هو الحال في مخازن التجميد للسلع الغذائية مثلا.

4- التصميم اللولبى

يأخذ المسقط الأفقي شكلا متكررا من حرف S وهو ما يمكن القول بأنه زيجزاج إذا ما تعددت في أشكال حرف S وهو مناسب للأماكن حتي لا يحدث تضاد في إتجاه المارين متعددي الهدف (الشكل رقم 5-4). في هذه الحالة يجب مراعاة الاعتبارات التالية فى التصميم الداخلى:



شكل 5-2: التصميم الداخلى حلقي U

(أ) الاستفادة بالمساحة المتاحة بأقصى درجة ممكنة هندسيا.

(ب) مراعاة الأماكن اللازمة لمكتب الإدارة – خدمات العاملين – الممرات – أماكن معدات النقل

(ج) الإضاءة الكهربية المناسبة والتهوية الصحيحة.

(د) مكان نقطة الاستلام وقربها من الطرق أو الميناء وقرب نقطة الصرف من مواقع الاستخدام

(هـ) معدات المناولة من حيث الكيف والكم.

(و) سلامة العاملين وراحتهم

(ز) احتياطيات الأمن وأدوات الإطفاء وأبواب الطوارىء وأجهزة الإنذار اللازمة .

(ح) المحافظة على المخزون من المخاطر أو التلف الزمني .

الادارة

شكل 5-4 : التصميم الداخلي شكل لولبي

المحور الرابع: وسائل وأدوات المناولة

يشمل هذا المحور العديد والكثير نختصرها إلي أهم الأدوات الأتية:

1- وحدات التحميل والحاويات

عندما يتم مناولة كميات ضخمة من المواد يتم بحث إمكانية استخدام وحدات تحميل اقتصادية تمثل الوحدة حاوية ضخمة توضع بها المواد ويتم مناولة الحاوية كتلة واحدة . ويتوقف تحديد وحدة التحصيل أو الحمولة على عدة عوامل أهمها حجم الصنف – حجم الحاوية – طريقة النقل والمناولة – الكميات التي يتم استلامها وصرفها.

هناك أنواع مختلفة من الحاويات من حيث الحجم والشكل منها الصناديق صغيرة ومتوسطة وكبيرة الحجم والأجولة والصناديق الضخمة المستخدمة

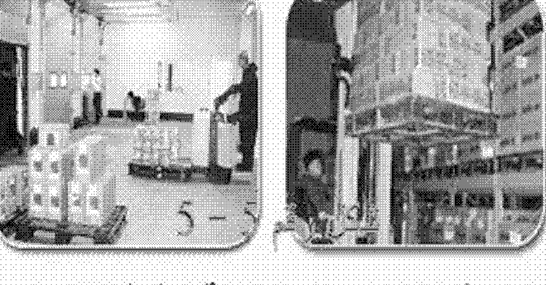
فى الشحن البحرى و الجوى و الحاوية قد تكون بسيطة ، عبارة عن مسطح خشبى أسفل (م ^{2}) مثلا ومسطح خشبى أعلى, تفصلهما أعمدة خشبية ، ومن ثم يمكن أدخال العبوات من الجوانب الأربعة أو قد يتم أغلاق جانبى أو الجوانب كلها ويتحول الى صندوق يختلف حجمة.

2 – الأرفف وأماكن التخزين

تتنوع أنماط أماكن التخزين تبعا ل نوع وحجم و وزن الأصناف التى تحمل عليها وهناك رأفف صلب خاصة بالأصناف الثقيلة ومكونة من عدة أدوار.

3- وسائل المناولة

الهدف الرئيسى للتصميم الداخلى هو الأستغلال الأمثل للمساحة مع توفير الوقت وتختلف وسائل مناولة المواد حسب نوع الأصناف وأحتياجات الأنتاج، فمثلا قد يتم نقل المواد من المخازن الى المصنع بالأنابيب, وقد توضع المواد على أرفف متحركة, كما أن هناك نوعا من أنواع المناولة الضخم الذى يستخدم بالتخزين أيضا , حيث يتحرك حسب حاجة الأنتاج فتوضع علية كميات من المواد وتتحرك لتقديم أحتياجات الأنتاج فى مكان معين, ثم تعود لموقعها مرة أخرى،



لتوفير وقت وجهد التفريغ والتحميل. وتتم المناولة بعدة طرق اهمها:

1- المناولة اليدوية

تتم المناولة اليدوية بالنسبة للأصناف صغيرة الحجم, ويستخدم عامل النقل عربات صغيرة (ترولى) وسلالم مساعدة (شكل رقم 5-5).

2- المناولة الألية

يستخدم لها الأوناش بمختلف أحجامها وأنواعها, والناقلات ذات الأجزاء المتحركة لألتقاط الأصناف وترتيبها على الحاملة وغيرها من المعدات. مع

التطور التكنولوجى يستحدث من هذه المعدات الكثير ومنها ما يقوم بدور الأنسان تقريبا ويطلق علية الأنسان الآلى
يقدم بعض منتجى أدوات ومعدات المناولة الخبرة لبعض المنشأت التى تطلب ذلك ولا يوجد لديها قسم هندسى خاص بهذه الخدمة. هناك قواعد لابد من مراعاتها فى مناولة المواد أهمها:
(1) تقليل عمليات المناولة بقدر الأمكان بما يقلل من تكليفتها حيث تمثل تكلفتها ما يقرب من 15 % من التكلفة الكلية.
(2) تجنب مناولة صنف معين أو مادة ما مرتين لتوفير الوقت والتكاليف وبالطبع بعض الأصناف لابد من أعادة مناولتها أذا أستلزم الأمر تخزينها ثم تمويل أقسام الأنتاج بأحتياجاتها.
(3) تقليل عملية التفريغ والتحميل.
(4) تقليل الجهد البشرى فى المناولة والأعتماد على الألية كلما أمكن, حيث المزايا الأتية:
أ - أقتصادية أستخدام المساحة.
ب – تقليل مخاطر تلف المخزون.
ج – تقليل الحاجة الى الأيدى العاملة وتقليل الجهد.
د – الأمان.
(5)الأستعانة بالألات فى الأعمال التى تتطلب جهدا بشريا ضخما بما يؤدى الى مراعاة الأعتبارات الأنسانية بالنسبة للعاملين فى المناولة والمخازن.
(6)المناولة لوحدة الحمولة الأقتصادية بدلا من مناولة كميات صغيرة.

4- الدورة الزمنية للحركة المخزنية

يشير هذا البند الى الأساليب الفنية لدراسة الطرق وقياس العمل، التى تستخدم بهدف ضمان أفضل أستخدام للمواد الأنسانية والخامات فى نشاط المناولة. تهدف دراسة الزمن والحركة، الى تحليل طرق العمل والمعدات والمواد المستخدمة وصولا الى:
1 -أنسب طريقة اقتصادية لاداء عمل ما.
2 تنميط هذه الطريقة وما تتضمنه من مواد خام ومعدات.

3 تحديد الزمن المطلوب اداء العمل بواسطة عمال مؤهلين له ، ومدربين عليه.
4 اتخاذ هذه الطريقة كطريقة قياسية.
أن الطريقة التي يستهدف الوصول اليها هي التي تحقق الاداء بأقل تكلفة, والاكثر انتاجية مع أدني اسراف في الجهد والوقت ويجب أن تتوفر فيها اعتبارات هي:
1 طول مدة استمرارية اداؤها
حيث نوجه الى الاعمال الدائمة أو التي يستمر ادائها لمدة زمنية طويلة .
2 درجة الاعتمادية على العمل البشرى
حيث توجه الدراسة الي الاعمال التي تعتمد على الجهد البشرى أكثر من اعتمادها على الالات، فيظهر تأثير ارتفاع الاجر وارتفاع نسبة العمل البشرى الى الالى.
3- استخدام المعدات والالات والادوات
حيث التركيز على الاعمال التي تتحمل تكاليف أكبر في المعدات أو الالات أو الادوات.
4- درجة أهمية الوظيفة للمشروع:
نستدل على هذا بمدى تاثير هذه الوظيفة على الربحية.
هناك فرق بين اعمال يجرى حاليا أداؤها في المنشأة، واعمال جديدة مقترح أداؤها.
فقد كنا بصدد انتاج منتج جديد أو استخدام معدات جديدة فأننا نكون بصدد تصميم وظائف – أو أعمال – جديدة، فأن الامر يختلف عن حالة دراسة العمل لوظائف حالية في المنشأة حيث قد تؤدى الدراسة لها الى تغير في تصميم المنتج أو بعض التغيرات في الالات والمعدات المستخدمة أو تأثير على أجور وحوافز العاملين. كما أن البحث بالنسبة للوظائف أو المعدات الحالية قد يبدأ من عند تلك المعدات ذات المنافع المنخفضة أو التي تحتاج الى عمالة كثيفة أو التي تتميز بوجود قدر كبير من الفاقد أو الاسراف. سواء كنا بصدد وظائف قديمة أو جديدة، فأن ظروف العمل نفسها لها تأثير كبير، ونقصد بظروف العمل هنا نظام الاجور، تاريخ الوظيفة، خطط المستقبل للسلعة

بينما الثانى معاملا لقياس العمل، والذى يستهدف وضع قياس زمنى نمطى لطريقة أداء هذا العمل. يمكن لاى منشأة اجراء دراسة طرق العمل دون اجراء القياس الزمنى للعمل وهذا لا يحدث عمليا الا فى النادر، الا أنه لا يجب اجراء القياس الزمنى للعمل دون أن يسبقه دراسة طريقة العمل.

5- الآلات الحديثة

تتجه جميع النظم الجديدة إلي التعامل مع الأعمال الآلية داخل المخزن والتي تتم فيها عمليات الأستلام والتخزين والصرف بدون أستخدام أى جهد بشرى فى مناولة المواد، وهى مخازن ضخمة ومكلفة ولا تستخدم الا فى حالة مناولة كميات ضخمة من المواد بصفة مستمرة لا تقل عما يقرب من خمسة ألاف كيلو جرام لكل ساعة.

3-5: التخزين الآلي

استطاع المهندسون الصناعيون بالولايات المتحدة أن يصمموا مخازن آلية تستطيع تلبية الطلبات دون الاستعانة بالأفراد، والمخزن الآلى مكون من أرفف كل منها لصنف معين ومركب لكل رف بوابة تفتح وتغلق بإشارات إلكترونية من لوحة رقابة. عند فتح البوابة تنزلق المادة المطلوبة من داخل الرف بفعل الجاذبية، ويتلقفها ناقل متحرك يوصلها إلى ناقل رئيسى بطول المخزن وينتهي بمركز شحن مكون من عدة محطات. طريقة عمل المخزن الآلى هى أن تثقب طلبيات المواد على بطاقات ثم يغذى بها عقل الكترونى يستطيع بعد ذلك أن يعطى الإشارات اللازمة لفتح البوابات كهربائيا وإخراج المواد المطلوبة على الناقل المتحرك. هذا يتبع أيضا في المكتبات المركزية الضخمة مثل تلك الموجودة في كلا من الولايات المتحدة الأمريكية (مكتبة واشنطن) وروسيا (مكتبة موسكو) وفرنسا وغيرهم من الدول المتقدمة.

يعتبر الحاسب الالكتروني من أهم اختراعات الإنسان فى القرن العشرين فبينما اخترع الإنسان الآلة خلال الثورة الصناعية كامتداد لقدراته العقلية، فإن اختراعه للحاسب الالكترونى يعتبر امتدادا لقدرته الذهنية فيما يمكن أن يعرف بثورة المعلومات. فقد مر تطور الحاسب بأجيال متعددة فكان الجيل الأول من عام 1954 حتى عام 1959، وقد كانت هذه الحاسبات تعمل بالأنابيب المعزولة وذات سرعات بطيئة وصممت أصلا لعمليات

الحساب البسيطة مثل الجمع والطرح وكانت أحجامها ضخمة وتشغل حيزا كبيرا. الجيل الثاني (من عام 1959 حتى 1964) حيث استخدم فيه الترانزستور، الذاكرة المغناطيسية، لغات رمزية، شريط ممغنط، قرص ممغنط ولغات راقية. قد زادت سرعة الحاسبات وأمكنها الاحتفاظ بمخزون أكبر من المعلومات وتطبيقات متنوعة مثل الحسابات، التسويق والإنتاج والحجم كان يقل نوعا ما. الجيل الثالث (من 1964 حتى 1971) وذلك بظهور IBM360 وتم فيه استخدام الدوائر المتكاملة Integrated Circuits، التنميط والتناسق بين الحاسبات وأجزائها، التنويع في وسائل الإدخال والإخراج، لغات راقية إضافية، أحزمة البرامج والميني كمبيوتر، كما تم إجراء تطبيقات متكاملة لقواعد البيانات، وبذلك أصبحت سرعة الحاسب 900 مرة أسرع من حاسبات الجيل الأول وانخفضت التكاليف أكثر من ألف مرة من تكاليف التشغيل أيضا والحجم كان أقل كثيرا، أما الجيل الرابع (من عام 1971 حتى عام 1980) وذلك بظهور IBM 370 وتم فيه تحسين الدوائر الكهربية، التشغيل المنتشر للبيانات والميكروكمبيوتر ، وتم تطبيق نظم المعلومات به. أخيرا الجيل الخامس (من عام 1980 حتى الآن) حيث تم الاستجابة الكاملة في هذا الجيل والفورية أيضا لاحتياجات المدير من المعلومات اللازمة بالكم والكيف اللازمين وبسرعة ودقة فائقة حيث وصلت الآن إلي مشغلات دقيقة فائقة السرعة باحجام صغيرة جدا مما ساعد في القدرة الإنتاجية من الجهة التخزينية، وقد ساهم ذلك الحاسوب في الأعمال المخزنية في عدد من النقاط نسطرها في هذا الفصل الآن.

أولا: استخدام الحاسب الالكتروني

تعتمد أي منظمة في تحقيق أهدافها، على توافر المعلومات المناسبة في الوقت المناسب، حتى يمكن لها اتخاذ القرارات المناسبة في توقيتاتها المناسبة أيضا. ويتوقف تحقيق هذا على جمع البيانات من داخل وخارج المنظمة، ولا تفيد هذه البيانات في شئ وهي على صورتها الخام، لذلك يستدعي الأمر تحليل هذه البيانات، أو بمعنى آخر للاستدلال منها على مجموعة من المعلومات Data Processing تشغيل البيانات اللازمة لاتخاذ القرارات. أدى ظهور الحاسب الالكتروني Information

لثورة كبيرة فى مجال نظم المعلومات Information Systems كان من نتائجها القضاء على الصعوبات التى كانت تواجه المنظمة فى هذا المجال، وذلك بتوفير المزايا التالية:

1- الكفاءة فى تشغيل البيانات Data Processors سواء من حيث السرعة أو الدقة

2- سرعة استرجاع المعلومات Information Retrieval

3- القضاء على الازدواج بتخزين ما يعرف بقاعدة البيانات Database

4- كفاءة نقل البيانات والمعلومات عن بعد Tele-transmission من حيث السرعة والدقة

5- خفض حيز تخزين البيانات المعلومات مع زيادة هائلة فى طاقة التخزين بالاستعانة بما يعرف بالتخزين الإضافى أو الخلفى Back Storage

6- دقة أداء العمليات المنطقية وأعقد العمليات الحسابية

7- انشاء قاعدة بيانات مخزنية كاملة وشاملة بل قد تربط بين المواقع المخزنية المختلفة سواء داخل المنشأة الواحدة أو في مواقع متعددة في أماكن مختلفة مما يساعد علي سيولة البيانات المخزنية من حيث الأداء أو المراجعة.

يتكون الحاسب الالكترونى من ثلاث وحدات رئيسية كما هو مجدول في الجدول رقم 5-1.

جدول رقم 5-1: المكونات الرئيسية للحاسب االإليكتروني

نوع الوحدة	المصطلح الإنجليزي
الإدخال	Input Unit (s)
التشغيل المركزية	*Central Processing Unit (CPU)*
الإخراج	Output Unit (s)

كما تسمى الإجراءات الخاصة بالتحكم فى طريقة تشغيل الحاسب الالكترونى بنظام التشغيل Operating System وهناك نظامان أساسيان هما:

1- نظام تشغيل الدفعة Batch Processing System طبقا لهذا النظام يتم إدخال عدد من الشغلات Jobs إلى الحاسب تمثل فى مجموعها دفعة للتشغيل على الحاسب، ويقوم تشغيل كل شغلة فى هذه الدفعة طبقا

لترتيب دخولها إليه بحث لا يتعامل إلا مع شغلة واحدة فقط في أي وقت.
في ظل هذا النظام يستطيع الحاسب أن يتعامل مع كميات ضخمة من البيانات لذلك تتميز وحدات الإدخال والإخراج بالسرعة العالية، وأهم التطبيقات التي تتم في ظل هذا النظام هي التي تتكرر على فترات متباعدة من لزمن مثل حساب المرتبات واستخراج الإحصائيات.

2- نظام المشاركة الزمنية: في ظل هذا النظام يستطيع أكثر من شخص استخدام الحاسب الالكتروني في نفس الوقت، ويتم ذلك من خلال وحدة مخاطبة عن بعد Teletype متصلة بالحاسب الالكتروني (أو بمعنى أصح وحدة التشغيل المركزية) حيث أن جميع وحدات المخاطبة عن بعد تعمل معا في نفس الوقت سوف يشعر كل مستخدم لها أنه الوحيد الذي يستخدم الحاسب، وبالتالي لن يشعر بوجود آخرين يستخدمون نفس الحاسب في نفس الوقت من خلال وحدات أخرى للمخاطبة عن بعد، أهم الاستخدامات لنظام المشاركة الزمنية صرف الشيكات في البنوك، حجز تذاكر الطيران وهو ما يتاح في شكل شبكات محلية أو قومية أو الانترنت.

بينما يتم العمل آليا من خلال حزم البرامج الخاصة بالمخازن بأن يوفر المعلومات اللازمة سواء كانت متعلقة بالأصناف الموجودة داخل المخازن أو إصدار أوامر الشراء حيث يحتفظ في ذاكرته كل ما يتعلق بأوامر الشراء دون أن تعتمد على ذاكرة العاملين أو أكوام الورق، ويقوم الحاسب الآلي بكل العمليات في المخازن، ويتم تصميمه للتعامل مع عدد غير محدود من القيود بالإضافة إلى قيد أكثر من ذلك (وارد أو صادر) في العام لعدد ضخم من الأصناف.

تتنوع وتتباين الحزم الحاسوبية للمخازن ولكنها جميعا تتفق في معان محددة حيث تم جدولة أهم متطلبات العمل المخزني في الجدول رقم 5-2 ويقوم الحاسب الآلي بتنفيذ المهام الآتية وتتكون المجموعة العادية (الجاهزة) للبرامج من عدد من الاسطوانات التي تم تصميمها حتى تتمكن من القيام بالأعمال المخزنية التي تطلب من الحاسب الآلي، وهذه الاسطوانات تدار من خلال البرامج الأساسية حيث تعمل من الإسطوانة الرئيسية فهذه الاسطوانة تعتبر بمثابة العقل الذي يحرك كل الحزم المتتالية وهي المسئولة عن الإضافة أو التغيير ولذا فهي تحتوي على:

جدول رقم 5-2: عناصر بيانات الحزم الحاسوبية في شأن المخازن

م	البند	م	البند
1	إضافة صنف جديد	6	صادر صنف
2	إضافة مرود جديد إلى قائمة الموردين	7	عرض معلومات
3	حذف مورد من قائمة الموردين	8	تعديل معلومات
4	حذف صنف جديد	9	عمل جرد
5	وارد صنف	10	إصدار أمر توريد

أ) الملف الرئيسى

يدير الملف الرئيسى الأعمال المخزنية للموردين مهما كان عددهم مع حفظ كافة المعلومات والبيانات الخاصة بهم مثل (الرقم المسلسل – الاسم – العنوان – رقم الهاتف ، ورقم الفاكس ...إلخ). ويعطى كل مورد رقم منفرد بحث لا يعطى لمورد آخر وسوف يكون هذا الرقم بمثابة دليل. ويمكن إضافة اسطوانات أخرى كلما دعت الضرورة لذلك.

ب) قاعدة البيانات

يستطيع عن طريق حزمة البرامج متابعة كل مايجرى على الأرفف داخل المخزن وسوف يحتفظ الحاسب الآلى بهذا السجل بما تدخله من قيود، ولهذا تتمكن من معرفة الأصناف التى تتحرك أكثر من غيرها أو إذا وصلت أصناف جديدة وأنت غير متأكد متى أرسلت فى طلبها، ويمكن إضافة ما يزيد من إسطوانات للسجل او للمعلومات المخزنية.

ج) الأعمال الإدارية

يوجد ملف رئيسي يكون مسئولا عن إصدار أوامر الشراء، وسوف تقوم هذه الإسطوانة بتسجيل كل أمر توريد يتم إصداره،ويمكنك أن تصدر أوامر الشراء، بجانب إتاحة إضافة إسطوانات أخرى عند الحاجة إلي ذلك. كما يتيح البرنامج عمل الجرد المخزني بسهولة بحصر البيانات اللازمة من قاعدة البيانات وإصدارها في قائمة جرد كاملة (الجدول رقم 5-3).

ثانيا: استخدام الروبوت

يوجد تعريفان علميان للروبوت (شكل رقم 5-6) تبعا للدولة الصانعة وهما:

الجدول رقم 5-3: محتويات قائمة الجرد المخزني الرئيسية

رقم مجموعة	×××	الكمية/ وارد	×××	رقم المستند	×××	اسم الصنف	××
رقم الصنف	×××	الكمية صادر	×××	التاريخ	×××	الرصيد المتبقي	××

التعريف الأول:وصف المعهد الأمريكي للروبوت Robot Institute Of America

ينص هذا التعريف على أن الروبوت « مناول قابل لإعادة البرمجة ومتعدد الوظائف، وهو مصمم لتحريك المواد والأجزاء والأدوات، أو النبائط الخاصة، من خلال مختلف الحركات المبرمجة، وذلك بهدف أداء مهام متنوعة».

التعريف الثاني: وصف الإتحاد الياباني لصناعة الروبوتات The Japan Industrial Robot Industry Association

ينص هذا التعريف على: «أن الروبوت عبارة عن آلة لكل الأغراض مزودة بنبيطة ذاكرة Memory Device وأطراف، وهي قادرة على الحركة والدوران كما أنها قادرة علي أن تحل محل العامل البشري بواسطة الأداء الأوتوماتيكي للحركات أو الدوران».

شكل 5-6 الروبوت QRIO

يتفق التعريفان في عدة حقائق خاصة بالروبوت وهي:

أ-الروبوت مناول متحرك.

ب- الروبوت مصمم للقيام بوظائف متنوعة.

?- الروبوت يقوم بحركاته المختلفة بشكل آلي.

1- المكونات الأساسية

مع التنوع الكبير في التصميمات الروبوتية يمكن تحديد الأجزاء الأساسية للروبوت:

أ-جذع الروبوت

أنه القائم الأساسي للروبوت الذي تتصل به أطراف الروبوت بواسطة محاور حركية، كما تثبت إليه عادة وحدات التحكم الرئيسية والآليات الانتقالية ووسائل التغذية الكهربائية.

ب- الأطراف

هي بمثابة الأذرع البشرية للإنسان، إلا أنها متعددة المفاصل بحسب التنوع الحركي المطلوب. ويتوقف نطاق عمل الروبوت على طول الأذرع ونوعية وعدد المفاصل ةأسلوب أداء الحركة.

? - القوابض

هذه القوابض تناظر الكف لليد البشرية، وتستخدم في القبض على المشغولات أو الأدوات أو المواد التي يستخدمها الروبوت في إنجاز المهام الموكلة إليه.

د- الأدوات

هي وإن لم تكن تشغل جزءا ثابتا في التكوين الروبوتي، فإنها تصمم عادة لتلائم القوابض الروبوتية ونوعية الأعمال المطلوب بها. كما تتميز الروبوتات عادة بالقدرة علي التنوع الكبير في الأدوات المستخدمة والتي يمكن إضافتها إليها.

? - الباحث الحسي

إنها النبائط التي يتعرف بها الروبوت على العالم المحيط به ، وهي بمثابة الحواس للإنسان ويمكن للروبوت التعرف بواسطة المستشعرات على العوائق التي تقف في سبيل حركته، والتعرف كذلك على حدود الأجسام التي يتعامل معها، وتحديد درجة الإطباق المناسبة على الأجسام التي يتناولها، والإحساس بدرجات الحرارة والرطوبة وتسرب الغازات ووجود الأدخنة. كما يمكن للروبوت بواسطة المستشعرات تلقي الأوامر الصوتية والحوار مع مستخدميهتبعا لعنصر الإدخال الخاص بالروبوت.

و- وحدات القيادة

هذه الوحدات تمثل المحركات بأنواعها المختلفة التي تقود حركة المفاصل الروبوتية، ويجري تشغيلها بواسطة إشارات كهربية صادرة من وحدة التحكم وتعتمد علي أماكن تواجدها سواء عند الأطراف أو داخلها أو الأثنين معا وتبعا لتأسيس نظام الحركة ومحاورها.

ز- وحدة التحكم

هي بمثابة الجهاز العصبي للإنسان، إذ تتلقى الإشارات من العقل الروبوتي بعد تغذيته بإشارات المستشعرات وبرامج التشغيل، وترسلها إلى وحدات القيادة لتشغيل الأطراف والقوابض.

ح- العقل الروبوتي

تختزن البيانات في العقل الروبوتي حيث تصل إليه الإشارات الواردة من المستشعرات والأوامر الخارجية عبو وحدات التشغيل الطرفية. ويقوم العقل الروبوتي بمعالجة البيانات والإشارات السابقة وإصدار الأوامر المناسبة لوحدة التحكم تبعا للبرمجة المسبقة والجاهزة عليه.

ط- وحدات التشغيل

هي الوسيلة التي يتم بواسطتها نقل الأوامر سواء عن طريق البرامج أو لوحة المفاتيح أو من الشخص القائم على تشغيل الروبوت إلى الحاسوب. وقد تكون منفصلة تماما عن الروبوت وتصل أوامرها إليه بالإتصال عن بعد أو حتي آليا تبعا للبرمجة المقننة لذلك.

ي- مصـــدر القـدرة Power Supply

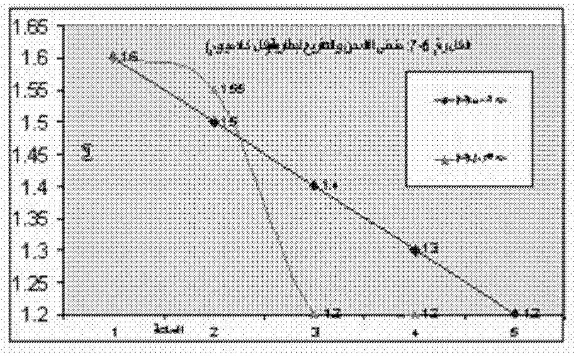
نتناول كيفية تصميم مصدر القدرة **Power Supply** اللازم لتغذية دوائر (الروبوت) والتي تكون قدرة هيدروليكية أو هوائية أو كهربية وهي الأكثر استخداماً عن طريق محرك التيار المستمر **D.C Motor** أو محرك الخطوة **Stepper Motor** والمحرك الخالي من الفرشاة **Brushless Motor** وذلك لسهولة التحكم الإلكتروني، ولازالت الروبوتات الهيدروليكية تستخدم في المنشآت الصناعية لأنها تزودها بقدرة عالية على الرغم من صعوبة توجيهها والسيطرة عليها.

في هذا الصدد نتعرض لأهم النقاط وهي:

1- مميزات الروبوتات الهيدروليكية تنحصر في: (ذات قدرة أكبر من نظيراتها الكهربية - قوتها الناتجة كبيرة يمكن نقلها مباشرة إلى موقع العمل - يمكن استخدامها في المواقع الخطرة - القدرة على نقل أحمال أكبر - القدرة على تحمل الصدمات - عدم الحاجة إلى توصيلات ميكانيكية).

2- عيوب الروبوتات الهيدروليكية: (أقل اعتمادية **Reliability** في العمل - ضياع جزء من الكفاءة بسبب قرب الموائع المستخدمة - زيادة

الضوضاء المتولدة (حوالي 70 ديسبل) - تغير لزوجة المائع الهيدروليكي بتغير درجة الحرارة - منظومة التحكم الهيدروليكية معقدة).
3- مميزات الروبوتات الهوائية هي: (استخدام ارخص أنواع أجهزة القدرة- السرعة في العمل - وحدة التحكم بسيطة - تكلفة صيانتها منخفضة).
4- عيوب الروبوتات الهوائية تشمل: (صعوبة السيطرة والتوجيه - بطء أعادة تنظيم المنظومة الهوائية - غير مناسبة لنقل أحمال ثقيلة - عرضة أجزاءها للتلف في حالة استعمال المعادن الحديدية في صناعتها).
5- مميزات الروبوتات الكهربية منها: (دقة وتكرارية - هادئة نسبياً ونظيفة - سهولة الصيانة - خفة أجزائها - ملائمة التحكم الإلكتروني - التحسن والتطور المتواصل والمستمر).
6- عيوب الروبوتات الكهربية: (تحتاج وحدة تحكم أكثر تعقيداً- ليست مأمونة الاستعمال).



يحتاج المحرك الكهربي إلي مصدر قدرة كهربية وهو الذي يعتبر مصدراً للقدرة الحركية (للروبوت) من:

1- الخلايا الشمسية Solar cells

تقوم هذه الخلايا بتحويل الطاقة الضوئية إلى كهربية وهي صغيرة الحجم ويمكن استخدامها لإعادة شحن بطاريات الروبوت وفيها يتم بناء Solar Engine وهي دائرة تتكون من خلية شمسية ومكثف ودائرة بدء تشغيل Trigger Circuit حيث يتم شحن الخلية الشمسية عن طريق C2 (- C2 : 4700 μF C1 : 22 μF) فيرتفع جهد الدائرة نظراً لشحن المكثف ثم يبدأ UJT في الاهتزاز وإرسال نبضة بدء التشغيل SRC وعند ارتفاع

جهد الدائرة عن (2 ف) تكون النبضة كفية وعن بدء انغلاق SRC يتم تفريغ الطاقة في محرك عالي الكفاءة ثم عند إفراغ المكثف من الشحن تعاد الدورة مرة أخرى (R1 : 100 k Ω- 1/4 watt ، R1 : 4.7 k Ω- 1/4 watt ، R1 : 2.2 k Ω- 1/4 watt)

2- البطـــاريات

تعتبر البطـــاريات من أكثر المصادر توفيراً للطاقة الكهربية ويوضح الشكل 5-7 منحنى الشحن والتفريغ لبطارية (نيكل كادميوم) وهي تعتبر من أكثر البطاريات انتشارا ويوصى بشحنها عند 1/10 من سعتها المقننة فيما يسمى (2/15).

تشمل مكونات الدائرة كلا من: *U1 :LM 220 :Voltage Regulator* ، *Relay (5v or 12v): L1 DPDT* ، *D1 : Red LED* ، *D2 : Green LED* ، *D3 : 1N4004* ، *Q1 : SCR* ، *V1 : 5/K PC– Mounted Potentiometer* ، *R1 : 330 Ω – 1/4 watt* ، *R2 : 5 Ω – 2 watt* ، *R3 : 10 Ω – 2 watt* ، *R4 : 220 Ω – 1/4 watt* ، *(Wall Transformer*.

عادة نستخدم دائرة المرحل DPDT لعكس القطبين وبالتالي تغيير اتجاه حركة المحرك.

3- موحدات الجهـــد Voltage Rectifiers

إنها عملية تقويم اتجاه التيار المتردد للحصول على جهد ثابت مستمر 12.5 ف وتوفر الدائرة مصدر قدرة يمكن الحصول منه على جهد 5 أو 12 ف وتشمل قائمة مكوناتها:

مكونات الدائوة الكهربية تشمل المقننات: منظمات جهد مستمر: U1 : LM/7812 (+ 12V) ، *U2 :LM/7912 (-12V)*، *U3 :LM/7805 (+ 5V)*، *U4:LM/7905 (- 5V)* ومحولات *BR1, BR2 : 4A* بمقنن *Bridge Rectifier* قنطرتي توحيد *Center Tapped AC Transformer* بمقنن *T1 = 25.2 V , 3A* و *T2 = 18 V , 2A* إضافة إلي *F1 = 5A Slow - Blow Fuse* و *S1 = SPST Toggle Switch .* و *C1, C5, C9, C13, = 2000 µF Elec. Capa. 35V min .* و *C2, C3, C6, C7, C10, C11, C14, C15 = 2000 µF.*و

C4, C8, C12, C16 = 100 µF Elec. Capa. 35V min. و
Holder, و *Misc. Fuse LED1 : Light Emitting Diode.*
cord with plug, و *Heat Sink For U1, Binding posts, AC*
" All resistors 5 or 10% tolerance, 1/4-watt, و *Chassis.*
all capacitors 10 % tolerance "

ى- التجهيزات المساعدة

هي وإن لم تكن من المكونات الأساسية للآليات الروبوتية إلا أن غالبية الروبوتات يجري تركيبها في خلايا، وهذه الخلايا تمثل نطاق العمل للروبوت، كمايجري تزويدها عادة بآليات تثبيت أو مناولة وأجهزة إنذار وحواجز واقية لمساعدة الروبوت على إنجاز مهامه. تأتي مستشعرات الأشعة تحت الحمراء واحدة من أهم المستشعرات المختلفة المستخدمة في هذا المجال ولهذا نركز في التفصيل عن هذه الجزئية الجوهرية في السطور القادمة.

بعرض مستشعرات الحالة الخارجية للروبوتات الشخصية والتي تهتم بمعرفة الصفات والحالة الهندسية للأشياء التي يتعامل معها الروبوت، تعتمد فكرة عمل مستشعرات تحديد المدى **Rangefinders** كمستشعرات حالة خارجية على ظاهرتي البث والارتداد حيث يقوم المستشعر بإرسال موجة صوتية أو ضوئية أو موجة راديو باستخدام وحدة إرسال، ثم يتم استقبالها مرة أخرى بعد انعكاسها في ما يسمى (مستشعرات زمن الرحلة) **Flight Time (FT)** لأنه من خلالها يتم معرفة زمن رحلة الموجة. إن استخدام مستشعرات الطاقة الكهرومغنطيسية لمساعدة الروبوت على اكتشاف البيئة المحيطة به وتجنب الاصطدام بالعوائق وتنقسم مستشعرات تحديد المدى بناء على الإشعاع الكهرومغناطيسي إلى:

1- مستشعر (ليدار)
Light Direction and Ranging (Lidar)

تعتمد على استخدام الموجات الضوئية ومن أشهرها مستشعرات الأشعة تحت الحمراء والليزر.

2- مستشعر (الرادار)
Direction and Ranging (RADAR) Radio

فيها تستخدم موجات في نطاق تردد ارسال موجات الراديو
3- استخدام مستشعرات الأشعة تحت الحمراء

4-5: مبادئ الاستشعار

نحتاج في مجال الإستشعار والبحث الذاتي عن بعد إلي عدد من المبادئ الهامة نسطرها في النقاط الرئيسية:

أولا: الإشعاع المغناطيسي

تم اكتشاف الأشعة الكهرومغناطيسية على مراحل وكان العالم الألماني (هيرتز) أول من عمل في هذا المجال عام 1884 حيث قام بتوضيح وتوسيع النظرية الكهرومغناطيسية للضوء التي وضعها الفيزيائي الإنجليزي (ماكسويل) والذي كان أول من أكتشف موجات الراديو واستطاع إرسال واستقبالها عام 1888 وذلك قبل الإيطالي (ماركوني) بحوالي خمس سنوات، بعد اكتشاف وجود أشعة الراديو والأشعة المرئية حيث تم اكتشاف باقي أشعة الطيف الكهرومغناطيسية من خلال الملاحظات والظواهر الفيزيائية، ويوضح الجدول رقم 5-4 الأطوال الموجية وترددات وطاقة الأشعة الكهرومغناطيسية المختلفة.

تختلف الموجات الكهرومغناطيسية عن الصوتية في كثير من الصفات فالصوت ينتقل ببطء في صورة موجات طويلة بينما تنتشر الطاقة الضوئية وموجات الراديو في صورة موجات كهرومغناطيسية بسرعة الضوء، وتعتمد سرعة انتشار الموجات الكهرومغناطيسية على طبيعة وسط الانتشار والمحدد بمعامل انكسار الوسط n (للهواء 1.003 وللماء 1.33) تبعا بالمعادلة:

$$n = C / C_m \qquad (5\text{-}4)$$

حيث سرعة الضوء في الفراغ هي C وفي الوسط Cm ويتسبب هذا التغير في سرعة الضوء في انحناء الموجات الضوئية عند انتقالها من وسط إلى أخر كما يوصف بقانون (سنل) Snell (شكل رقم 5-8):

$$n_1 \sin\theta_i = n_2 \sin\theta_t \qquad (5\text{-}5)$$

حيث أن معامل الانكسار n1 في الوسط الأول و n2 هو معامل الانكسار في الوسط الثاني و θi زاوية السقوط بالنسبة أما θt فتمثل زاوية الانكسار.

يعتمد معامل الانكسار على خواص ذرات الوسط وتردد الموجات الكهرومغناطيسية بالمعادلة:

$$n=1 + [\ N^2 q_o / 2\varepsilon_o\ m\ (\omega_o - \omega^2)\ ] \qquad (5\text{-}6)$$

حيث أن عدد الشحنات N في وحدة الحجوم وشحنة الإلكترون q_o بكتلة الإلكترون m بتردد الإشعاع ω المغناطيسي ورنين الإلكترون ω_o.

جدول رقم 5-4: الطيف الكهرومغناطيسي

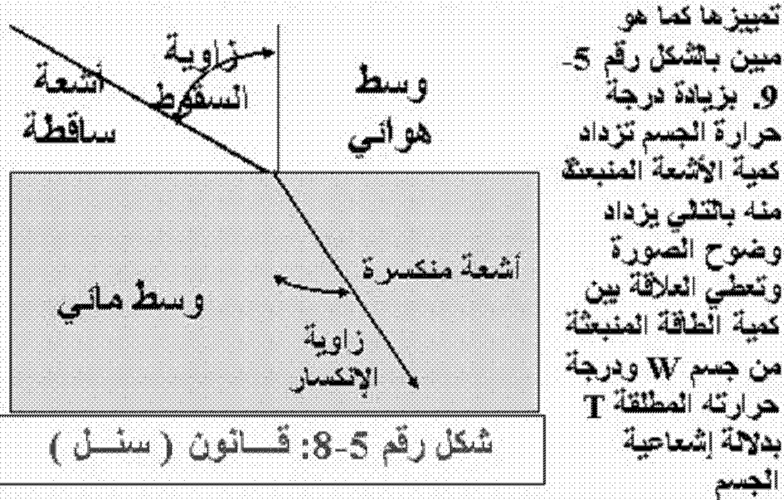
الطاقة	الذبذبة	الطول الموجي Wavelength		الأشعة
(eV)	(Hz)	(Cm)	(Å)	Radiation
$< 10^{-5}$	$< 3\times10^{9}$	> 10	$> 10^{9}$	الراديو
$10^{-5} - 10^{-2}$	$3\times10^{9} - 3\times10^{12}$	$10 - 10^{-2}$	$10^{9} - 10^{6}$	قصيرة
$10^{-2} - 2$	$3\times10^{12} - 4.3\times10^{14}$	$10^{-2} - 7\times10^{-5}$	$10^{6} - 7\times10^{3}$	تحت حمراء
$2 - 3$	$4.3\times10^{14} - .5\times10^{14}$	$7\times10^{-5} - 4\times10^{-5}$	$7\times10^{3} - 4\times10^{3}$	مرئية
$3 - 10^{3}$	$7.5\times10^{14} - 3\times10^{17}$	$4\times10^{-5} - 10^{-7}$	$4\times10^{3} - 10$	فوق بنفسجية
$10^{3} - 10^{5}$	$3\times10^{17} - 3\times10^{19}$	$10^{-7} - 10^{-9}$	$10 - 10^{-1}$	إكس
$> 10^{5}$	$> 3\times10^{19}$	$< 10^{-9}$	$< 10^{-1}$	جاما

- وهو ما يسبب ω_o من ω تزداد ببطء بزيادة التردد - أي عند اقتراب nيتضح أن ظاهرة قوس قزح حيث يؤدي اختلاف معامل الانكسار إلى ظهور ألوان مختلفة (معامل انكسار الضوء الأزرق مثلا أقل من نظيره للضوء الأحمر)، وتعرف هذه الظاهرة حيث Disperssionبظاهرة التشتت

يتسبب اعتماد معامل الانكسار على قيمة التردد في تشتت الضوء إلى ألوان مختلفة كما هو الحال عند استخدام المنشور الزجاجي.

ثانيا: الأشعة تحت الحمراء Infrared

اكتشف العالم الإنجليزي فريدريك وليام عام 1800 الأشعة تحت الحمراء الصادرة من الشمس وكان أول استخدام لها في مجال التصوير الفوتوغرافي في بداية القرن التاسع عشر إلا إنه لم يتم التمكن من استخدام هذه التقنية بسهولة ويسر وفي عام 1930 تم تطوير مواد ذات صبغة خاصة بالأشعة تحت الحمراء. كانت المواد الحساسة للأشعة تحت الحمراء السابقة بطيئة السرعة، ومع التحسن في طرق تصنيع مستحلبات التصوير الفوتوغرافي واكتشف أصباغ جديدة أصبح بالإمكان توفير أفلام تعمل بالأشعة تحت الحمراء للجمهور حيث تساعد هذه الأفلام على اكتشاف الفرق في درجات الحرارة وتكوين صور حرارية يمكن للعين المجردة تمييزها كما هو مبين بالشكل رقم 5-9. بزيادة درجة حرارة الجسم تزداد كمية الأشعة المنبعثة منه بالتالي يزداد وضوح الصورة وتعطي العلاقة بين كمية الطاقة المنبعثة من جسم W ودرجة حرارته المطلقة T بدلالة إشعاعية الجسم



شكل رقم 5-8: قانون (سنل)

(Emissivity) ε وثابت بولتزمان σ (5.67x10-12 watt2k4) بمعادلة (Stephan –Boatman):

$$W = \varepsilon \sigma T^4 \qquad (5\text{-}7)$$

تقع الموجات تحت الحمراء ما بين نطاق الضوء المرئي وموجات الميكروويف ويحتوي عدة أطوال موجية تقسم إلى ثلاثة أقسام (الشكل رقم 5-10):

الأول: أشعة تحت حمراء أو حرارية
Far Infrared or Thermal

مثل موجات الميكروويف والتي تحتل أكبر مدى من الطيف الكهرومغناطيسي من 3 – 30 ميكرون وتنبع هذه الأشعة من مصدر حرارية مثل الشمس أو أي جسم ساخن، ويمكن للإنسان اكتشافها من خلال النهايات العصبية الحساسة في الجلد التي تحدد الفرق بين درجة حرارة الجلد ودرجة حرارة الجسم الداخلي وقد تم استخدام هذه الموجات في كثير من التطبيقات العملية فمثلا في مجال الطب حيث تستخدم في علاج بعض الأمراض الجلدية وتخفيف الآلام التي قد تصيب العضلات وذلك بتسليطها على جسم المريض فتخترق الجلد وتعمل على تدفئته بدرجة معينة لتنشيط الدورة الدموية، وفي مجال الصناعة استخدمت في بعض الأفران الخاصة للطلاء الجاف للأسطح مثل الجلد والمعادن والأوراق والأقمشة وكذلك في بعض أجهزة الفحص مثل الماسح الخطي **IR Line Scanner** المستخدم لإظهار صور حرارية للأجزاء المراد فحصها وهي في حالة تشغيل، كما تم إنتاج أجهزة قياس حجوم تعتمد على استخدام الأشعة تحت الحمراء يطلق عليها (البالوميتر) **Balometers** . كما طورت النوافذ الخاصة المستخدمة في المكاتب والمنازل بحيث تعكس الأشعة تحت الحمراء مما يتيح الحفاظ على درجة حرارة ثابتة وقد تم إنتاج أفلام حساسة للأشعة تحت الحمراء للتصوير في الظروف التي تنعدم فيها الأشعة المرئية، أي التصوير في الظلام باستخدام طيف الأشعة تحت الحمراء.

تعتمد فكرة عمل أجهزة الرؤية الليلية على:

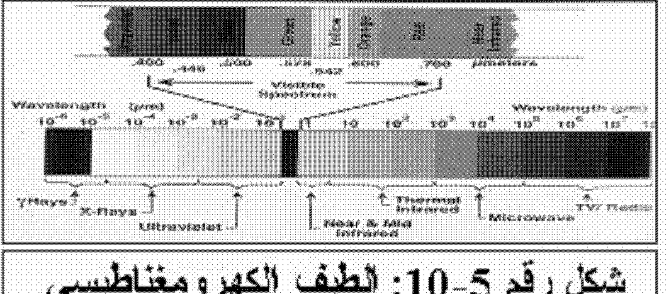
1- تجميع الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من الأجسام بمنظومة عدسات شبيهة بعدسات كاميرات الفيديو.

2- إسقاط الأشعة الحمراء على مصفوفة من المجسمات الحساسة للأشعة تحت الحمراء تعمل على رسم خريطة حرارية للجسم تسمى **Thermogram**

3- تحويل الصور الحرارية إلى نبضات إلكترونية بواسطة أجهزة إلكترونية.

4- ترجمة الصور الحرارية المأخوذة من المجسمات إلى معلومات وحدة معالجة الإشارة **Signal Processing Unit** .

5- إرسال المعلومات إلى الشاشة – بواسطة وحدة معالجة الإشارة – على شكل مناطق ملونة تعكس درجات الحرارة فتظهر الصورة.



شكل رقم 5-10: الطيف الكهرومغناطيسي

هناك العديد من التطبيقات لأجهزة الرؤية الليلية وخاصة في المجالات العسكرية وتستخدم بكثرة في عمليات الاستكشاف العسكرية وفي التجسس على تحركات الخصم ومعداته أثناء الليل وفي الأبحاث الجنائية لدراسة تحركات اللصوص بالآثار الحرارية التي تركتها أقدامهم على الأرض وتحديد فترة الاعتداء ومتابعة المسروقات وفي رحلات الصيد الليلية والبحث عن المفقودات وفي منظومات الحماية والمراقبة والإنذار.

الثاني: الأشعة تحت الحمراء الوسطى **Mid Infrared**

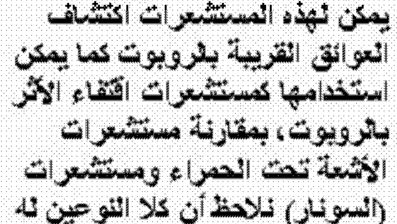
هي منطقة الطيف الكهرومغناطيسي في المدى 1.3 – 3 ميكرون وهي لا تنبع من مصادر حرارية وبالتالي لا يمكن للإنسان الإحساس بها وتستخدم في التحكم عن بعد (ريموت كنترول).

الثالث: الأشعة تحت الحمراء القريبة Near Infrared

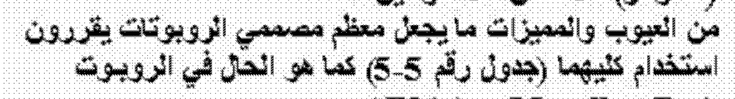
إنها أقرب ما يمكن من الطيف المرئي ويبلغ مداها من 0.7 – 1.3 ميكرون وتستخدم في المشفرات الضوئية المستخدمة كمستشعرات حالة داخلية لتقدير موضع الروبوت واتجاه حركته وسرعته إلخ .. وفي مستشعرات الاقتراب وتحديد المدى.

ثالثا: حساس أشعة تحت حمراء *Infrared Sensors*

تستخدم مستشعرات الأشعة تحت الحمراء في الروبوتات الشخصية كمستشعرات اقتراب لانخفاض تكلفتها مع المدى أقل من 24 سم حيث يمكن لهذه المستشعرات اكتشاف



العوائق القريبة بالروبوت كما يمكن استخدامها كمستشعرات اقتفاء الأثر بالروبوت، بمقارنة مستشعرات الأشعة تحت الحمراء ومستشعرات (السونار) نلاحظ أن كلا النوعين له



من العيوب والمميزات ما يجعل معظم مصممي الروبوتات يقررون استخدام كليهما (جدول رقم 5-5) كما هو الحال في الروبوت (Magellan Pro) و (B21r).

) على سبيل المثال في شكل رقم 5-11 من أكثر أنواع Sharpتعتبر مستشعرات (الأشعة تحت الحمراء استخداما في مجال الروبوتية لما تتمتع به من انخفاض في التكلفة بالإضافة إلى الاعتمادية العالية للمستشعر ويتكون هذا المستشعر من وحدة وموحد يشع موجات تحت الحمراء ودائرة معالجة ***Charge Coupled Device*** إشارات، حيث استخدام الدايود الضوئي كوحدة إرسال موجات تحت حمراء تنعكس عند اصطدامها بأي عائق في مدى الاستشعار لتستقبلها وحدة CCD وهي عبارة عن شريحة سيليكون تتكون من مصفوفة من الخلايا الحساسة للضوء **Photo sites** وتقوم دائرة المعالجة بحساب المسافة واكتشاف وجود عوائق من عدمه

حيث يشكل مسار الشعاع الضوئي مثلثاً ما بين نقاط الإرسال والانعكاس والاستقبال (الشكل رقم 5-12).

جدول رقم 5-5: مقارنة لمستشعر (السونار) والأشعة تحت الحمراء IR

الأشعة	السونار Sonar	تحت الحمراء IR
المدى	0.41 – 10.5 م	0.04 – 1.50 م
الدقة	عالية في مدى = 40 سم	عالية في مدى 24 سم
التأثر بألوان العائق	غير حساس	حساس
التأثر بالعوامل الجوية	حساس لتغير سرعة الصوت بتغير العوامل الجوية	غير حساس
استهلاك	= 100- 200 مللي أمبير	= 30- 250 مللي أ
التكلفة	أعلى	أقل

عادة ما تكون زاوية الاستشعار صغيرة – في حدود 1.5 درجة – ولهذا يصلح في اكتشاف العوائق القريبة جداً من الروبوت، ومن علاقة الجهد المتولد مع بعد العائق(الشكل رقم 5-13) نلاحظ أنه بزيادة بعد العائق يقل الجهد وعند مسافة تصل إلى حوالي 6 سم تنعدم قدرة المستشعر على اكتشاف العائق. كما يظهر إختلاف طفيف في الجهد المتولد مع اختلاف لون العائق وهو ما يسبب حساسية هذه المستشعرات

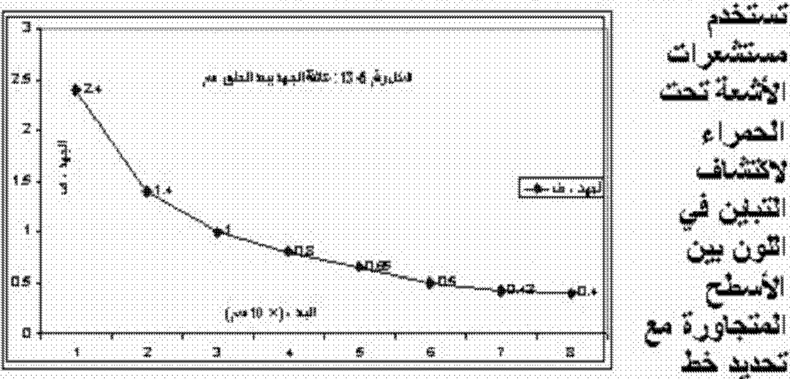
شكل رقم 5-12: مسار الشعاع الضوئي

للألوان مما يتطلب إجراء معايرة من آن إلى أخر وتوجد أنواع كثيرة من مستشعرات Sharp بدرجات متفاوتة من الاستشعارية واستهلاك القدرة ونوعية إشارة الخرج كما مبين بالجدول رقم 5-6.

جدول رقم 5-6 : مستشعرات نوع Sharp

نوع	المدي	الطريقة	التيار (mA) On	Off
مسلسل	10 – 80 cm	مؤقت خارجي لكل قراءة	~ 25	~ 2µA
Digit	10 – 80 cm مقاومة متدرجة *Adjustable* Threshold	قراءة دائمة بمعدل 38ms~ بساعة خارجية	~ 25	~ 2µA
أنالوج	10 – 80 cm	قراءة بمعدل ~38ms	~ 25	*
رقمي	24 cm ضبط أصلي		~ 25	*

رابعا: إقتفاء الأثر Tracker Sensors



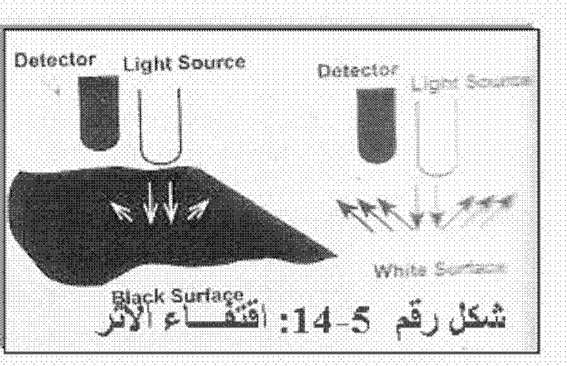
تستخدم مستشعرات الأشعة تحت الحمراء لاكتشاف التباين في اللون بين الأسطح المتجاورة مع تحديد خط أسود في الأرضية وبتثبيت المستشعر أسفل الروبوت بمواجهة الأرضية

وبالتالي يمكن للروبوت اتباع هذا الخط كدليل حركة، يحتوي هذا المستشعر على وحدتي إرسال واستقبال حيث تقوم وحدة الإرسال بإرسال شعاع ضوئي يتم استقباله بعد انعكاسه في حالة السقوط على سطح أبيض وفي حالة السقوط على سطح أسود يمتص الشعاع فيتمكن من التمييز بين وجود أو عدم وجود الشريط الأسود (الشكــل رقم5- 14). كما يقدم الجدول رقم 5-7 المكونات المطلوبة لدائرة مستشعر اقتفاء الأثر

جدول رقم (5-7) المكونات المطلوبة لدائرة مستشعرات اقتفاء الأثــر

كمية	الجزء	كمية	الجزء
3	High-output IR Emitter	3	IR Photo transistor
1	Small printed Circuit Board (PCB)		Shrink Tubing
3	Small Length Of 1/4 " Φ Heat	3	220 Ohm Resitor

يتم معايرة مستشعرات ثلاثة لتحديد السماحية Tolerance ما بين السطح الأسود والأبيض لكل مستشعر وبعد ذلك يستخدم الروبوت هذه القيم الثلاث لتحديد وجود الشريط الأسود من عدمه وفي حالة عدم اكتشافه يقوم الروبوت بعمل مسح في المنطقة المحيطة في صورة حركة دائرية حتى يتم اكتشافه وعندئذ يقوم الروبوت باتباعه بتصحيح موضعه بصورة مستمرة.



شكل رقم 5-14: اقتفـــاء الأثر

2- تصنيف الروبوت

توجد تصنيفات عديدة للروبوتات أخري، تعتمد على التفرقة بين الروبوتات بحسب درجة الأتمتة (درجة تلقين الروبوت لتعليمات التشغيل)، أو حسب نوعية المكونات الروبوتية التي تتمثل في محاور الحركة، وحدة القدرة، وحدة التحكم، نظام المناولة، وحدة البرمجة ووحدة الذاكرة. من الناحية الجوهرية تصنف الروبوتات بشكل عام إلى نوعين أساسيين هما:

أ- الروبوتات الصناعية

تستخدم هذه النوعية بغرض إنجاز نشاط إنتاجي، حيث بدأ استخدام الروبوتات الصناعية في عمليات تفريغ وشحن المواد وأعمال اللحام البقعي **Spot Welding** وأعمال الطلاء بالرش **Spray Painting** ثم اتسعت دائرة التطبيقات ومن ثم دخلت غالبية المجالات العلمية.

ب- الروبوتات الشخصية

تستخدم هذه النوعيات لتلبية الإحتياجات الشخصية في مجال الأعمال المنزلية والحراسة والتعليم والفندقة وقد انتشرت بطريقة مازالت محدودة حتي الآن ولكن التقدم مستمر.

أظهر تقرير للجنة الاقتصادية التابعة للأمم لمتحدة الخاصة بأوروبا (**UNECE**) بالتعاون مع الاتحاد العالمي للروبوتية **International Federation of Robotics (IFR**) زيادة كبيرة في أعداد الروبوتات المستخدمة في العالم بلغت 26% في النصف الأول من عام 2003 وزيادة سنوية في حدود 7.4 % حتى عام 2006 حيث بلغ عام 2004 عدد الروبوتات في العالم 770 ألف وحدة تملك اليابان منها 233 ألفا ثم أمريكا الشمالية 104 ألف وحدة وتمتلك ألمانيا أكبر عدد من الروبوتات بأوروبا بلغ 105 ألف وحدة تليها إيطاليا 47 ألفاً ثم فرنسا 24 ألفاً ثم أسبانيا 18 ألف ثم المملكة المتحدة 14 ألف وحدة. وفي عام 2005 تصل عدد الوحدات الإجمالية في العالم 875 ألف وحدة تمتلك اليابان منها 333 ألفاً والاتحاد الأوروبي 303 ألفاً وأمريكا الشمالية 135 ألف وحدة. وهناك زيادة في أعداد روبوتات الخدمة المباعة ويمكن تقسيم ها إلى قسمين أساسيين الأول هو روبوتات الخدمة العامة مثل الروبوتات الطبية وروبوتات الاستكشاف تحت الماء وروبوتات الألغام إلخ والنوع الثاني هو روبوتات الخدمة للاستخدام الشخصي مثل روبوتات الترفيه والحراسة

والخدمة المنزلية. يجب ملاحظة أن هذه الإحصائيات تشمل فقط الروبوتات المنتجة من قبل شركات تجارية ولكنها لا تشمل أعداداً كبيرة جداً من الروبوتات الشخصية التي يقوم بتجميعها الهواة والروبوتات المنتجة في كثير من المعامل البحثية في العالم، وتشير هذه الإحصائيات إلى حدوث طفرة كبيرة في استخدام روبوتات الخدمة وبخاصة الروبوتات الشخصية.
يراهن خبراء اللجنة الاقتصادية على انتشار سريع في استخدام روبوتات الخدمة الشخصية وبصفة خاصة المكانس الكهربية الآلية القادرة على التجول بحرية بين قطع الأثاث وتنظيف الأرضية بصورة معمقة دون أن يشغلها إنسان ويمكنها أيضاً العودة بصورة تلقائية إلى وحدة أعادة الشحن الخاصة بها بمجرد قرب انتهاء الشحن مثل الروبوت Roomba - الذي أنتجته شركة (iRobot) وباعت منه أكثر من 470 ألف وحدة عام 2003 ونفس العدد تقريباً في الثلاثة أشهر الأولى فقط من عام 2004 وذلك بسعر 150 $ للوحدة طبقاً للإحصائيات المنشورة بمجلة (PC World).
شهدت مبيعات روبوتات الترفية أيضا ارتفاعاً ملحوظاً طبقاً لهذه الدراسة حيث وصلت إلى 545 ألف وحدة عام 2002 ويتوقع أن تصل إلى 1.2 مليون عام 2006 وتتفاوت أسعار روبوتات الترفيه حسب مهارات الروبوت والأعمال التي يمكن أن يؤديها، فعلى سبيل المثال يباع الروبوت (Robosapien) بمبلغ 99 دولار فقط ولكن قدراته على التفاعل محدودة جداً بينما يصل سعر الكلب (Aibo) الذي أنتجته شركة (سوني) إلى 1800 $ حيث يمكن لهذا الروبوت محاكاة كل تصرفات الكلب الطبيعي ويمكنه فهم 100 كلمة وقراءة البريد الإلكتروني بينما يصل سعر الروبوت البشري (QRIO) الذي أنتجته (سوني) أيضا إلى 65 ألف $. يستطيع هذا الروبوت القيام بكثير من المهام العلمية والمسلية في آن واحد.
بالإضافة إلىقدرته على المشي والرقص فإنه يستطيع الهرولة والحركة بهذه الطريقة لمسافة قدرها 46 قدما / ق، كما يستطيع القفز 0.2 بوصة عن سطح الأرض - ويستطيع أيضا ركل كرة تتناسب حجمه والذي هو 23 بوصة وقذف مجسم كرة بيسبول لمسافة لا بأس بها، وفي اليابان وجد أن

تفاعل ونشاط بعض المرضى قد تزايد في أعقاب مشاركة الروبوت في جلسات العلاج بإحدى المستشفيات اليابانية.

يعتقد العلماء أن الروبوت قد يوفر الحل الأمثل لرعاية المسنين في المستشفيات ودور رعاية العجزة في اليابان ودول أخرى تعاني من ارتفاع معدلات السن بها. ومما لاشك فيه أنه إذا أمكن إنتاج روبوتات خدمة متعددة الأغراض والإمكانيات وقابلة للمواءمة والتفاعل مع البيئة المحيطة واقتصادية فسوف يؤدي ذلك إلى ثورة في الحياة الاجتماعية وسوف تشهد سوق الروبوتات الشخصية نمواً كبيراً بها وإن جاء متأخراً ببضعة أعوام لثورة الروبوتات الصناعية.

3- الخصائص الاقتصادية

هناك خصائص اقتصادية مباشرة، يمكن تقييمها كميا لاستخدام الروبوتات، كما يوجد أيضا خصائص اقتصدية غير مباشرة، يصعب تقييمها كميا، بالإضافة إلى مزايا التأكد اليقين من إتمام العمل باستخدام الروبوت مقارنة بالنظم الإنتاجية الأخرى، إلا أنه يتعذر وضع مقابل مادي لها بدقة ترفع من قيمة العمل بهذا النظام في الكثير من الحالات الهامة:

أ- الخصائص المباشرة

1- إعادة استخدام الروبوت بعد انتهاء الغرض الإنتاجي من استخدامهفي أغراض أخرى.

2- تعاظم معدلات الإنتاج حيث تتميز الوسائل الآلية عادة بمعدلات إنتاجية تفوق من الناحية الكمية الوسائل اليدوية. إذ يمكن للروبوت في المعتاد العمل بأسلوب أدق ولعدد ساعات أكبر مما يستطيعه العامل اليدوي وبدون كلل أو ملل وبالدقة اللازمة طوال فترة العمل بخلاف دقة الأداء البشري لدي العمالة اليدوية وهي التي تتأثر بالمجهود سواء عضليا أو ذهنيا مع الزمن.

ب- الخصائص غير المباشرة

1- تضاؤل المخزون بين العمليات.

2- تضاؤل المخزون النهائي.

3- الوفر في المواد.

4- نقص معدلات المنتجات التالفة.

5- رفع معدلات استخدام المعدات الإنتاجية القائمة.
6-نقص معدلات تداول المواد.
7- تخفيض مساحة مكان العمل.

ج - مزايا استخدام الروبوت

مميزات الروبوت يتعذر تحويلها إلي قيمة مادية فعلية بدقة في أغلب الأوقات ومن أمثلة ذلك:

1- التمتع بالأمان، نتيجة لإبعاد العمالة البشرية عن مواطن الخطر.
2- تجنب العديد من المشكلات الإنسانية، التي تنشأ في التجمعات العمالية بمواقع الإنتاج والتخزين، وتستغرق وقتا كبيرا من الإدارة لحلها.
3- اكتساب ثقة العميل، بسبب الإنضباط في مواعيد التسليم وتحسين الجودة نتيجة تجنب العوامل البشرية الطارئة.
4- استخدام عنصر الإبهار الناتج عن وجود الآليات الروبوتية في خطوط الإنتاج لجذب العميل عند زيارته للمصنع فتزداد التعاقدات.
5- مرونة تغيير النشاط الإنتاجي باستخدام نفس التركيبات الروبوتية القائمة مما يؤدي إلى مرونة مقابلة في الجداول الزمنية لتسليم أنواع مختلفة من المنتجات لعدد كبير من العملاء.

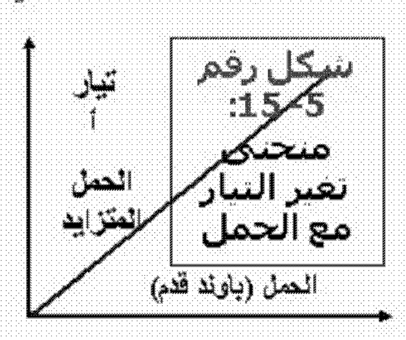
4- التطبيقات

تستخدم الروبوتات حاليا، في العديد من المجالات الصناعية والخدمية، بدرجات متفاوتة، وتتقدم الروبوتات الصناعية على غيرها من الروبوتات، على حين مازالت الروبوتات الشخصية تتحسس طريقها إلى الأسواق. ويرجع هذا في المقام الأول إلى صعوبة المهام الملقاة على عاتق الروبوتات الشخصية، مقارنة بإمكانياتها التي ما زالت محدودة. تستخدم الروبوتات في المجال الصناعي مثل أعمال اللحام، الطلاء بالرش، التجميع وأعمال التفتيش بنجاح كبير ليجنب العامل البشري الأخطار والأضرار الصحية المعروفة، التي تنجم عن عمليات الطلاء أو اللحام، بالإضافة إلى جودة المنتجات الروبوتية. كما تستخدم الروبوتات في التطبيقات غير الصناعية، كالزراعة ، زراعة أنواع الفلفل **Pruming Graperines**في جني التفاح، تشذيب كرمات العنب وفي جز صوف الخراف. كما حقق اليابانيون تقدما كبيرا في **Planting Peppers** مجال استخدام

الروبوتات في أعمال التشييد والبناء، كما استطاعوا نقل تقنيات روبوتات البناء من أمريكا، حيث نجحوا في ذلك نجاحا كبيرا بعد تنميط منتجاتهم لتلائم المواصفات القياسية لمواد البناء الأمريكية.
تستخدم الروبوتات في مجال الرعاية الصحية، منذ أوائل السبيعينات في الولايات المتحدة الأمريكية في معامل التحاليل لإجراء تحاليل الدم النمطية، وفي تقديم بعض المساعدات الحيوية للمقعدين والمعوقين ومساعدة الجراحين كما حدث في المركز الطبي التذكاري Memorial Medical Center في لونج بيتش بكاليفورنيا، وكذلك في تشخيص وعلاج الأورام المخية.
كما أمكن تطوير العمل بالصيدليات باستخدام الروبوتات، حيث أنتجت شركة النظم الحاسوبية الدوائيةCom. Pharm. System في نيويورك روبوتا لمساعدة الصيادلة يطلق عليه ROB – O – TEK . يمكن للروبوت أن ينتقي أوتوماتيا الأدوية اليومية المحددة لكل مريض، وعرضها على الصيدلي للتأكد منها. الروبوت مزود بحاسوب يمكنه تسجيل جميع البيانات المتعلقة بحصر الأدوية المستهلكة، وتجهيز فاتورة الحساب، ومراجعة المخزون، وما إلى ذلك من بيانات تستنفذ جزءا كبيرا من وقت ومجهود الصيادلة. كما يستخدم الروبوت في محطات توليد الكهرباء والمحطات النووية حيث الدقة البالغة في التنفيذ.
تشير الأبحاث الروبوتية إلى أن المستقبل سوف يشهد كائنا روبوتيا على قدر من الذكاء، يستطيع معه أن يتخذ قراراته الخاصة بشأن المستجدات التي تعترض تنفيذه للمهام الموكلة إليه. لن يتأتى هذا الذكاء بالطبع عن طريق الطفرات الوراثية في الأجيال الروبوتية الحالية، وإنما عن طريق حزم البرامج الحاسوبية الراقية مثل برامج الذكاء الاصطناعي، والبيانات المرتدة من البيئة المحيطة. وسوف تنمو كذلك المقدرة الإستشعارية لهذا الكائن، على نحو يستطيع معه الإبصار بشكل أفضل، والإحساس بالموجات الرادارية والإشعاعات، وشم الروائح، والتعرف على الأشكال بلمسها، والإحساس بالقوى والضغوط الخارجية على أطرافه وقوابضه وأصبح كل هذا متوقعا في المستقبل القريب.

سيمتلك الكائن الروبوتي القادم قدرا لا بأس به من الإستقلال والإبتعاد عن مصدر توجيهه. بما يعرف بالحضور عن بعد، وسيتمكن عندئذ من جمع البيانات عن البيئة المحيطة، أي أنه سوف يكون طرفا فعالا ومؤثرا في نظم المعلومات ولن يكتفي بكونه متلقيا للمعلومة أما من ناحية الإمكانات الجسمية، فسوف يكون روبوت الغد أرقى ميكانيكيا من أجداده، حيث يتمتع بأعضاء أخف وزنا وأكثر متانة، وقد تتعدد أذرعه مثل بعض الآلهة الهندية الأسطورية، إلا أنه سوف يتمكن عندئذ من التنسيق، بين حركاتها على نحو مذهل، بواسطة نظم التحكم الراقية. سيمكن أيضا تنميط مكوناته الميكانيكية على نحو يتمكن معه مستخدم الروبوت من تجميعه بإمكانيات مختلفة تلائم شتى الأغراض.

من المنتظر أن تغزو روبوتات المستقبل بعض المجالات الجديدة، بالإضافة إلى تكثيف وجودها في المجالات التقليدية الأخرى. انتشار الروبوتات في المجالات المدنية مثل تعدين الفحم، توليد الطاقة ، التطبيقات الحربية، مكافحة الحرائق، العمل في أعماق البحار والمحيطات والفضاء الخارجي، بالإضافة إلى تعاظم دور الروبوتات من التطبيقات مثل أعمال التجميع والتفتيش الهندسي، نظم التشغيل وتداول المواد والمنتجات في العمليات الإنتاجية وفي المخازن.



شكل رقم 5-15: منحنى تغير التيار مع الحمل

أن الطفرة المرتقبة سوف تكون في استخدام الروبوتات في التعليم، الخدمة المنزلية، محلات الوجبات الغذائية السريعة، أعمال البنوك، جمع القمامة، شحن البضائع وتوزيعها، أعمال الحراسة، الرعاية الصحية والأشغال الزراعية .

5- اختيار المحرك وتصميم منظومة التحرك

نتناول تصميم منظومة التحرك Locomotion System فالروبوتات الجوالة ذاتية التحكم Autonomous Mobile Robots تستخدم محركات التيار المستمر وتنقسم هذه المحركات إلى:

أ) محركات مستمرة Continuous Motors

ب) محركات خطوة Stepping Motors

يستخدم منها محركات ذات مغناطيس دائم Permanent Magnet والمحركات الخالية من الفرشة Brush less Motors ومحركات الممانعة المغناطيسية المتغيرة Variable Reluctance Motors ومن ثم نحتاج معالجة لبعض النقاط الهامة.

أولا: المواصفات القياسية للمحرك

1- جهد التشغيل Operating Voltage يتراوح بين 1.5 – 12 ف

2- التيـــار حيث تزيد قيمة التيار مع تحميل المحرك كما بالشكل رقم 5-15

3- السرعة: تتراوح بين 4000 – 7000 لفة / ق.

4- العــزم: القوة التي يتحرك بها المحرك على حمل وزيادتها أفضل.

ثانيا: اختيار المحرك

لحسب قدرة المحرك اللازمة لتشغيل الروبوت نفترض محركين في حالة صعود مستوى مائل بزاوية θ بسرعة منظمة v (شكل رقم 5-16) والكتلة m وعجلة تـــحرك a تساوي صفر حيث F = ma.

شكل رقم 5-16: مخطط الجســم الحـــر

الاتزان بين القوة الدافعة F_{app} وقوة الجاذبية F_w وقوة الاحتكاك F_f بمعامل الاحتكاك μ وعجلة الجاذبية g يتبع:

$$F_{app} = F_w + F_f \qquad (5\text{-}8)$$

$$F_f = \mu FN = m.g. \cos\theta \qquad (5\text{-}9)$$

$$F_w = m.g. \sin\theta \qquad (5\text{-}10)$$

تكون القوة اللازمة لتحريك الروبوت هي

$$P_m = F_{app}. v \qquad (5\text{-}11)$$

العزم P_m والسرعة ω لمحرك له نصف قطر إطار r يكون

$$P_m /2 = T.\omega \ \& \ \omega = v/ r \qquad (5\text{-}12)$$

زمن التشغيل T للطاقة المبذولة (E جول) لمسافة حركة D يصبح

$$D = vt \quad \& \ T = E / P \qquad (5\text{-}13)$$

يستخدم صندوق التروس Gear Box لإنقاص سرعة المحرك كما في السيارات والدراجات بجعل مسافة الانتقال مع أحد التروس أكبر من الآخر الملامس معه وتستخدم أيضا في نقل القدرة من مكان إلى آخر.

ثالثا: منظومة التحرك Locomotion System

منظومة التحرك تعتبرمن أثقل الوحدات الموجودة وزنا بعد البطارية ولها ثلاثة محاور(العجلات wheels والمسارات Tracks والسيقان Legs) حيث الأماكن غير ممهدة تواجه مشكلة في التحرك بالرغم من أن منظومة التحرك بالمسار تتيح العمل في مسطحات غير ممهدة وأشهر تطبيقاتها روبوت الجمعية الجغرافية الأمريكية في اكتشاف هرم خوفو، أما منظومة السيقان Legs فالروبوت Genhis وتم بناؤه في معهد MIT الأمريكي. بينما نري منظومات التحرك باستخدام العجلات لسهولة تركيبها الميكانيكي وانخفاض تكلفتها وشيوع استخدامها:

1- المحرك التفاضلي Differential Drive

هو أقل تعقيداً في التركيب والبرمجة ويستخدم محركين لتحريك عجلتين للحركة أمام وخلف بالتحكم في قيمة واتجاه كمية الحركة Momentum معاستخدام عجلة محورية بدون محرك لتوزيع وزن المركبة بانتظام.

2- المحرك التزامني Asynchronous

التحرك تزامني ويعيبه صعوبة التركيب الميكانيكي وارتفاع التكلفة.

3- محرك لثلاثي عجلات والسيارة Tricyde and Car

تتمتع منظومة هذا النوع بدرجة عالية من الدقة والالتزام.

رابعا: التحكم في التشغيل واتجاه الحركة

مدخل في كيفية التحكم في حركة الربوت لتحقيق الدقة في العمل والمطلوبة في بعض النوعيات من المخازن بشكل أساسي.

1- تثبيت المحرك

تستخدم أحزمة على شكل حرف U تسمى U-bolts وصندوق خشبي لمنع الانزلاق.

2- توصيل محور إدارة المحرك

هذه العملية تعتبر من أصعب المهام وهناك طريقتان للتوصيل

3- السرعة

تعتمد سرعة ترحل الروبوت Travel Speed على سرعة المحركات (130 لفه / دقيقة ولا تزيد عن 2 كم / س) وقطر العجلات. كما أنه هناك عدد من النظم المتبعة في هذا الشأن نأخذ أكثرها إنتشارا وتختص بالتحكم في السـرعة Speed Control.

أ) التحكم باستخدام مفتاح عكس القطبين DPDT

تتميز هذه الطريقة بسهولة تغيير اتجاه الحركة في محركات التيار المستمر ويمكن استخدام مفتاحين عكس قطبين.

ب) التحكم باستخدام المتممات Relay Control

تستخدم المتممات للتحكم في تشغيل المحرك ON / OFF Control

3- التحكم باستخدام Power MOSFET

يعتبر هذا النظام من الأنواع أكثر شيوعاً حيث تعتمد على أسلوب البوابات المنطقية Logic Gates في التحكم، ويمكن استغلال Power MOSFET في تصميم دائرة تحكم في السرعة. هذا يعتبر تحكماً مفتوحاً Open Loop Control ويمكن تحسين الأداء باستخدام الدائرة المغلقة Closed Loop Control كما يستخدم فيها وحدة مشفرة Shaft Encoder. ويتم حساب مسافة الترحال (Distance of Shaft Encoder) وذلك بحساب عدد النبضات الموجودة في إشارة السرعة يمكن معرفة المسافة التي قطعها الروبوت.

الفصل السادس

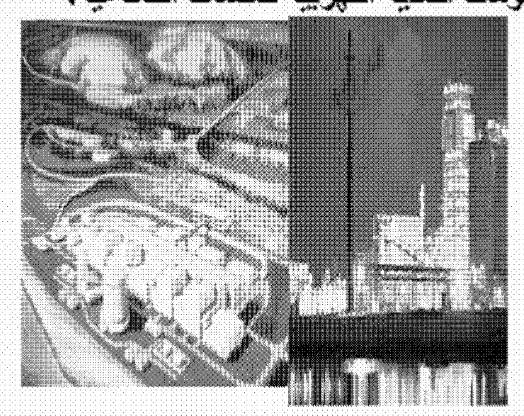
المنظومات الكهربية للمنشآت الصناعية

INDUSTRIAL *ELECTRIC* SYSTEMS

فى ضوء الاتجاهات الرئيسية لرفع المؤشرات الاقتصادية والاجتماعية خلال الأعوام حتى 2017 تهتم استراتيجية التخطيط فى مصر بمواكبة تطوير وتحديث الصناعة عن طريق التكثيف الشامل لجميع أنواع الإنتاج ورفع معدلاته على قاعدة ثابتة من أجل التعجيل بالتقدم العلمى والتكنولوجى بما فى ذلك تطوير منظومات التغذية الكهربية للمنشآت الكهربية عالية العول وخفض الفقد فى الطاقة الكهربية بشبكات النقل والتوزيع والاستخدام. كما يلزمنا تطوير منظومات التغذية الكهربية لرفع اقتصاديات وعول تشغيلها. خاصة مع تغير أشكال وأنماط الطلب على الطاقة الكهربية والتوسع فى استخدام معدات التحكم فى توزيع واستخدام الطاقة الكهربية على قاعدة من تكنولوجيا الحاسبات الحديثة بجانب أهمية الإعداد والتأهيل الجيد للمهندسين المنوط بهم تصميم وتشغيل منظومات التغذية الكهربية للمنشآت الصناعية.

1-6: متطلبات الشبكة Requirements

عند التعرض لتصميم منظومات التغذية الكهربية للمنشآت الصناعية، حيث يعرض الشكل رقم 1-6 والذي يعطي أشكالا لمثل هذه المنشآت حيث تتباين فيما بينها تبعا لطبيعة العمل والصفات الخاصة بها إضافة إلي الموقع الجغرافي، فهناك من القواعد والأسس التي يجب أن تكون محددة وواضحة ولهذا نتناول



النواحي الأساسية التالية:

أولا: البيانات الإبتدائية

للبدء في أعمال التصميم يجب أن تتوافر البيانات التالية:

1 – المخطط العام المدني (إنشائي ومعماري) للمنشأة الصناعية مبيناً عليه مواقع الورش وطرق النقل الداخلي والمساحات الخضراء والمواسير في باطن الأرض والمباني الأخرى.

2 – الخواص التكنولوجية لعمليات الإنتاج بالمنشأة والورش المختلفة والارتباط التكنولوجي بين الورش المختلفة وتقديرتأثير قطع التيار على العملية الإنتاجية بدقة وبأسلوب هندسي.

3 – الأحمال الكهربية للورش في صورة القدرة المركبة (المقننة ومعامل القدرة والكفاءة والجهد المقنن) في كل منها وزمن دورة التشغيل للمعدات التي تعمل بمنظومة تشغيل متكررة.

4 –منحنيات الأحمال للمنشأة والورش المختلفة صيفاً وشتاءًا.

5 – خواص استهلاك الطاقة الكهربية وتأثيرها على جودة الطاقة.

6 – مخطط مواقع المعدات بالورش وبيانات خواص البيئة بالورش (مستوى احتراق مواد البناء والمباني ورطوبة الجو وتواجد مواد كيميائية فعالة من عدمه... وهكذا)، ولحسابات الإضاءة وهي من الأحمال الهامة في المنشآت عموما وخاصة تلك الصناعية، كما يجب توافر البيانات الهامة لمسقط المباني وخواص الحوائط والأسقف العاكسة وكذلك أسطح مناضد التشغيل أو أرضية المبنى.

7 – مقدار القدرة غير الفعالة المتاحة من مصادر التغذية في حالتي الحمل القصوى والدنيا.

8 – في حالة إعادة تأهيل منظومة تغذية موجودة فعلا بالمنشأة يجب توفير الرسم الخطي للمنظومة وبيانات المعدات الكهربية المستخدمة في الدائرة الكهربية ونوع وأحجام مكونات الشبكة العمومية مثل الكابلات والبارات.

9 – مصادر التغذية الكهربية المتاحة من شركة بيع الكهرباء للمنشأة ودراسة هذه البيانات بتركيز فني ولهذا نحتاج إلي الحسابات الآتية:

أ) الرسم الخطي كامل البيانات لمصادر التغذية (محطات توليد أو محطات محولات) وقدراتها.

ب) معوقة مصدر التغذية أو قدرة القصر على قضبان المصدر أو سعة القطع لقواطع المصدر.
ج) الجهد على قضبان مصدر التغذية.
د) القدرة المتاحة من المصدر للمنشأة والقدرة الكلية الفعلية للشبكة المغذية لأحمال المنشأة.
هـ) لمسافة بين مصدر التغذية والمنشأة أي طول الخطوط الكهربية أو المغذيات.

10- خصائص المعدات الكهربية خصوصا المحركات الكهربية وما لها من صفات نمطية كتلك التي نراها في الشكل رقم 6-2 حتى نتمكن من التعامل مع التصميم بالمنهج السليم.

Machinery characteristics

100 80 60 40 20 0

2000 2003 2006 2009 Year

Electricity consumption
Technology and Efficiency

الشكل رقم 6-2 : خصائص الاستهلاك الكهربي للمحركات

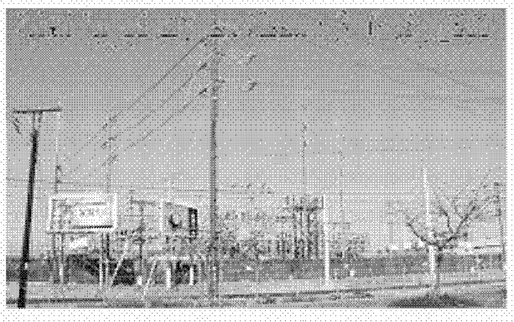
11- المسافات الأمنة بين الموصلات المكهربة والأفراد المحتمل قربهم من هذه التوصيلات وهو ما يمكن أن نحددة تبعا للمواصفات القياسية كما هو مبين بالجدول رقم **6-1**.

جدول رقم **6-1**: المسافات الآمنة بين الموصلات والأفراد

الجهد، ك.ف.	0.6=	2.3 =	6.6 =	10 =	20 =	22
أقل مسافة، م	1	1	1	1.07	1.14	1.14

ثانيا: التمهيد

نتناول المسائل الجوهرية التي تدخل في المبادىء الهندسية من أجل تنفيذ التصميم الكهربي لشبكات المصانع بطريقة ملائمة كي تتواكب مع التطوير والتحديث المستقبلي:



1 – صفات البيئة المحيطة بمواقع الإستهلاك الكهربي .

2 – المواصفات التكنولوجية للمنشآة (الورش والعنابر وخلافه) مع تقسيم الخواص العامة للطلب على الطاقة الكهربية من حيث نوع (التيار – الجهد – والعول...وهكذا)

3 – حساب الأحمال الكهربية لمجموعات مستهلكى الطاقة الكهربية مثل الورش والمنشآة ككل.

الشكل رقم 4-6

4 – اختيار الجهد المناسب لشبكة التغذية للمنشأة .

5 – اختيار القدرة المطلوبة لتحديد النوع الأمثل لمحولات القدرة بمحطة المحولات الرئيسية الخاصة بالمصنع ومحولات التوزيع وأكشاك محولات الورش وعدد كل منهم علي كل جهد.

6 – اختيار منظومة التغذية الكهربية للمنشآة من بين عدة مرادفات على أساس دراسات الجدوى الفنية والاقتصادية بجانب البيئية.

7 – اختيار منظومة الربط بين محطة المحولات الرئيسية والموزع الرئيسى (فى التصميم المعتمد لشبكة التغذية الكهربية للمنشآة).

8 – اختيار مخطط (شكل الموقع) معدات التوزيع علي الجهد العالى لمحطة المحولات الرئيسية (الموزع الرئيسى) ونري إحداها في الشكل 6-3 وكذلك يتم إختيار نوعية أكشاك المحولات بالورش المختلفة أو العنابر.

9 – حساب تيارات القصر بدقة واختيار معدات القطع (الفصل والتعشيق والوقاية) فى شبكة الجهد العالى (أو المتوسط) بطريقة علمية سليمة حيث يلزم إستخدام عددا من المهمات القادرة علي القطع الكهربي الآلي أو اليدوي (شكل رقم 6-4) إذ يقدم سكينة قطع تيار جهد 35 ك. ف.

10 – حساب تيارات القصر فى شبكة الجهد المنخفض واختيار معدات الوقاية من القواطع والسكاكين والمصهرات مع حساب توافقها بشكل صحيح بمنظومة التغذية الكهربية للمنشآة.

11 – تصميم شبكة الجهد المنخفض.

12 – اختيار منظومة نقطة التعادل بالورش وفقا للخواص التكنولوجية لمستهلكى الطاقة الكهربية وبالمطابقة مع النظم القياسية الدولية النمطية.
13 – حساب وتصميم منظومة التأريض بمحطة المحولات الرئيسية بأرض المصنع وكذلك الموزع الرئيسى وأكشاك المحولات، وكذا حساب وقاية المحطات هذه من زيادة الجهود العابرة ووقاية الشبكات الأرضية من الصدأ الكهربى.

ثالثا: الجزء التكميلي

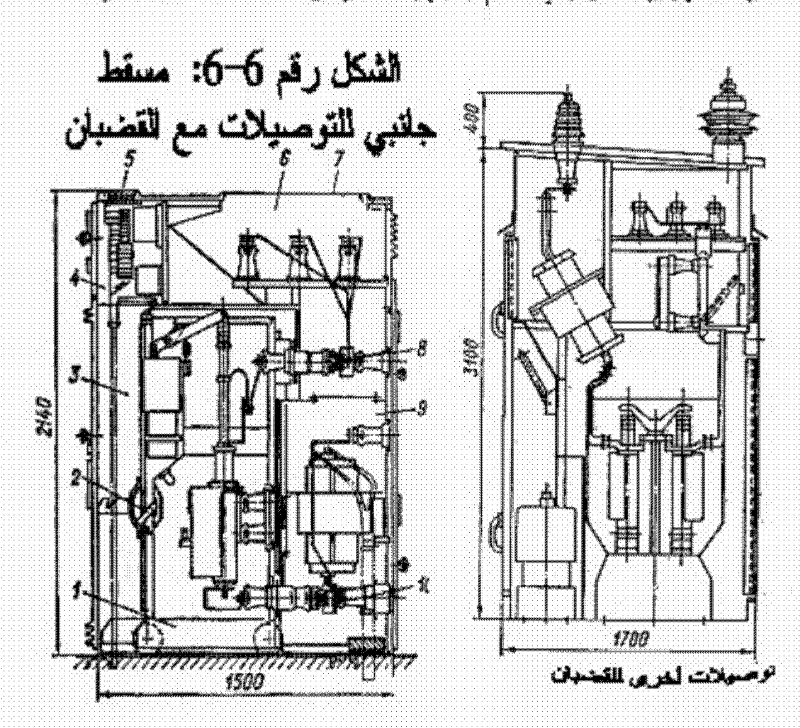
إلى جانب المسائل الأساسية السابقة يحتاج استكمال تصميم شبكات المنشأة الصناعية إلى تفصيل المسائل الإضافية والفرعية التالية:

1- تصميم الجزء الكهربى لمحطات المضخات والكباسات ومحطات توحيد التيار.

الشكل رقم (5-7): بعض أنواع المصابيح المستخدمة في المصانع

2- دراسة جودة الطاقة الكهربية بالمنظومة وتصميم الإجراءات الكفيلة بالحفاظ على الجودة طبقا المواصفات القياسية.
3- تعويض القدرة غير الفعالةبأسلوب تقني وإقتصادي.
4-حساب استهلاك الطاقة الكهربية واتخاذ الإجراءات الكفيلة للوصول به إلى معدلات الاستهلاك القياسية.
5- خفض الفقد فى الطاقة بشبكة المصانع والعمل علي تطوير وتحديث الطرق والوسائل الكفيلة بذلك .
6- دراسة عول منظومة التغذية الكهربية وحساب الخسارة الناجمة عن انقطاع التيار.
7- تحديدحالات التشغيل غير كاملة الأوجه للمنظومة ودراستها بشكل علمي مع حساب تأثير ذلك على عمل المحركات الكهربية.
8- دراسة ظاهرة بدء حركة المحركات الكهربية وتأثير ذلك على منظومة التغذية الكهربية لإتخاذ اللازم نحو هذه الخصائص خصوصا وأن الأحمال الكهربية لا تخلو من هذه المحركات.
9- تنظيم وإجراء الصيانة الوقائية للمعدات وجدولتها بصورة دائمة.

10- ضرورة الإعتماد على أسلوب التحكم والقياس عن بعد لمنظومة التغذية الكهربية ككل والإهتمام بأجهزة القياس للمعاملات الأساسية.



الشكل رقم 6-6: مسقط جانبي للتوصيلات مع القضبان

رابعا : التصميم الهندسى

يجب أن يتضمن التصميم الهندسي النهائي كل من الرسومات التالية :

1- المخطط العام للمنشأة الصناعية مبيناً عليه كافة البيانات مثل " الكارتجرام " ومراكز الأحمال الفعالة وغير الفعالة وشبكة التوزيع الداخلية جهد متوسط ومصادر التغذية (محطة المحولات الرئيسية والموزع وأكشاك المحولات... وهكذا)

2- الرسم الخطى للتغذية الكهربية مع بيان مؤشرات الجدوى الاقتصادية.

3- مخطط مواقع المعدات الكهربية داخل الورش موضحاً عليه شبكات القوى والإضاءة وعادة يستعان بالإضاءة الفلورسنتية في المواقع الصناعي أو تلك المقواه وغيرها فقد جاء منها البعض القليل من حيث النوع والطراز في الشكل رقم 6-5 خصوصا وأن هناك الغطاء الواقي علي البعض نتيجة التعامل داخل المصنع غير أنها لا تتناسب مع الشكل الجمالي.

4-مخطط والرسومات التنفيذية لمعدات التوزيع للمنشأة والورش.

5-الرسومات الكهربية ودوائرها والخاصة بمنظومات الوقاية.

6- الرسم الشامل لكل دوائر التحكم بالشبكة الداخلية للمصنع .

7- الرسم النهائي لمبينات الإشارة والقياس ولها من الأنواع الكثير.

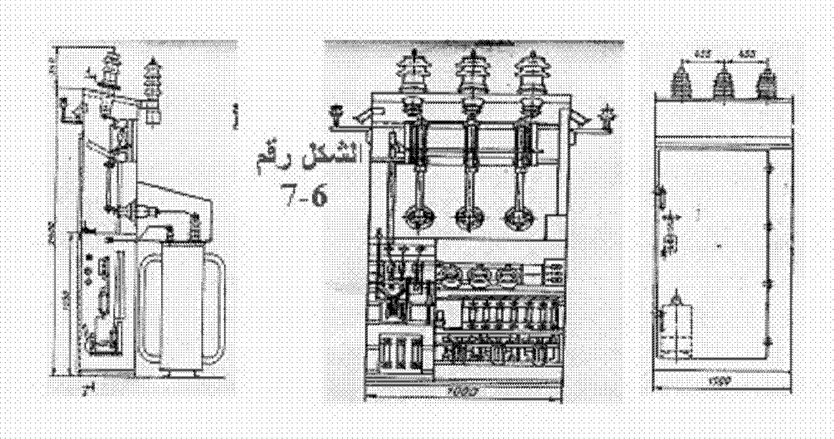
8- الرسم الهندسي والكهربي لأنظمة الإنذار ضد الحريق ورسومات مكافحة الحريق الآلية.

9- ملف البيانات الأساسية للتصميم

خامسا: إنهاء الدراسات الضرورية

يأتي الدور علي إنهاء أعمال التصميم وذلك يستلزم:

1- دراسات الجدوى الفنية والاقتصادية لمنظومة الشبكات المعتمدة بناءا علي التصميم المتكامل كما سبق إيضاحه وكذلك مرادفات المعدات الكهربية المستخدمة مع وضع الدراسات الخاصة بالبدائل في هذا التصميم.


الشكل رقم 7-6

2- الإجراءات اللازمة لتوفير الأمان أثناء تركيب المعدات بمنظومة التغذية الكهربية ثم أثناء التشغيل وأيضا لكل أنواع أعمال الصيانة المعروفة (الوقائية الدورية والطارئة والجسيمة) مما يترتب عليه تحديد سبل التوصيل مع القضبان الرئيسية في الموقع (الشكل رقم 6-6).

3- تحديد متطلبات مقاومة الحريق آليا ويدويا وذلك للحفاظ على المنشأة والأفراد وكل المعدات والمخازن بداخل هذه المنشأة.

6-2: تصميم الشبكة الكهربية الصناعية

نتناول المراحل المختلفة لتصميم منظومات التغذية الكهربية للمنشآت الصناعية:

1 – منظومة التغذية الخارجية External System

تتألف المنظومة الكهربية عموما من شبكة التغذية الكهربية الخارجية ومصادر التغذية للمنشأة الصناعية وتتمثل أهم شروط التصميم الأمثل فى توفير وتحقيق عول عالي واقتصاديات تكلفة الإنشاء والتركيب والتشغيل وتتحدد اقتصاديات المنظومة من خلال تقليص التكلفة السنوية إضافة إلي أهمية توافر الجودة الفنية والكفاءة الهندسية لسريان الطاقة الكهربية عبر مكونات الشبكة ومن المهم أن نظهر أن مستوى عول التغذية يتوقف على فئة عول الحمل الكهربي وخواص العملية الانتاجية إذ يؤدى التقدير غير الدقيق لتلك البيانات إما إلى خفض عول منظومة التغذية وإما إلى الزيادة غير المبررة للتكلفة وتوفير احتياطى غير ضرورى، وعموماً فإنه يجب على المصمم دراسة عدة مرادفات لمنظومة التغذية الخارجية ثم يختار أنسبها من خلال دراسات الجدوى الفنية والاقتصادية ويوضح الشكل رقم 6-7 أحد القواطع الرئيسية شائعة الاستخدام في المواقع الصناعية.

2 – اختيار مصادر التغذية Supply Choice

تعتبر محطات التوليد الكبيرة وشبكات الربط والتوزيع لشركة الكهرباء مصادرا رئيسية لتغذية المنشآت الصناعية، وفى حالة وجود مجموعات خاصة من الأحمال الكهربية (مثل أفران قوس كهربى) أو في حالة عدم كفاية قدرة المصدر الرئيسى يتم بناء محطات توليد خاصة داخل المنشأة لإستكمال منحها بالطاقة الكهربية المطلوبة وهي المحطة التى تتحدد سعتها بالهدف من إنشائها وتكون ملكا للمصنع وعلي نفقة المصنع أيضا ، ويمكن

أن تتأرجح في حدود واسعة من حيث القدرة أو التكلفة أو النوعية تبعا لطبيعة المنشأة وأحمالها. تبنى هذه المحطات الخاصة عادة من النوع الحرارى فى المنشآت التي تعمل مع أحمال حرارية كبيرة سواء إنتاجا أو إستهلاكا، ويتحدد الموقع الأمثل لبناء محطة التوليد الخاصة هذه ليكون فى مركز الأحمال الكهربية داخل المنشأة. فى حالة تطابق مركز الأحمال الكهربية مع موقع أحد مبانى الانتاج أو مركز حركة نقل داخلى يتم تحريك محطة التوليد الخاصة إلى موقع أقرب ما يكون من مركز الأحمال الكهربية هذا ليقع في أحد الأماكن المتاحة علي المساحة الموجودة، وفى حالة المنشآت الصناعية بأحمال فئة "عول أولى" يلزم توفير مصدرين مستقلين على الأقل للتغذية (مصدر التغذية المستقل هو المصدر الذى لا ينخفض جهده فى حالة التشغيل الاضطرارى أكثر من 5 ? من الجهد المقنن فى حالة التشغيل الاعتيادى) ولا يجب أن ننسى أنه لا بد من توفير وسائل الوقاية الأساسية في الدائرة وهي عادة المصهرات والذي ينتشر بشكل كبير في الشبكات الكهربية داخل المواقع الصناعية.

يعامل كل من جزئى القضبان المقسمة أو مجموعة من مجموعات منظومة قضبان معاملة محطة توليد أو محولات مستقلة فى حالة تغذية كل منها من مصدر تغذية مستقل مع ضرورة وضع عملها آلياً بنظام 2 من 3. تعتبر محطات التوليد الخاصة بالمنشآت الصناعية مصدر تغذية مستقلة ففى حالة عدم ربطها بالشبكة الموحدة أو فى حالة تجهيز الرابط **coupler** ليعمل مع المحطة والشبكة بنظام 2 من 3.

3 – شبكة التغذية الخارجية Network Design

إضافة إلى أهمية عول واقتصاديات شبكة التغذية الخارجية للمنشأة الصناعية فإن طبيعة ومواقع الأحمال بها وحجم استهلاك الطاقة ووجود مصدر تغذية خاص يمثل عوامل أساسية عند تصميم الشبكة، وبالنسبة للقدرة المركبة يمكن تقسيم المنشآت ذاتها إلى منشآت كبيرة (75 م. و. وأكثر) ومنشآت متوسطة (5 – 75 م. و) ومنشآت صغيرة (حتى 5 م. و). تصمم عموماً شبكة التغذية الخارجية فى المنشآت صغيرة ومتوسطة القدرة بمركز واحد لاستقبال الطاقة الكهربية (محطة محولات رئيسية أو عول "موزع رئيسى حسب الأوضاع الفعلية) وفى حالة تواجد أحمال فئة

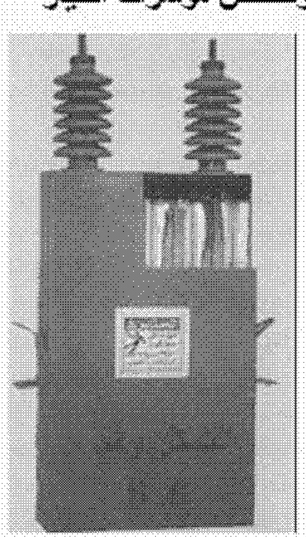
أولى" تجزأ قضبان محطة الاستقبال ويتم تغذية كل جزء من خط مستقل، كما تصمم شبكة التغذية الخارجية بمركزى استقبال أو أكثر بالمنشآت الصناعية كبيرة القدرة التى تكون معظم أحمالها من الفئة " عول أولى".
فى حالة وجود مجموعة أحمال كبيرة القدرة وذات طبيعة خاصة (مثل أفران القوس الكهربى) أو عندما يتم تطوير المنشأة على مراحل متتابعة قد يكون من الأجدى اقتصادياً تغذية مجموعة أحمال المرحلة التالية من مركز استقبال منفصل وجديد خاصة عندما تقوم مراكز الاستقبال بوظيفتى التحويل وتوزيع الشبكة الداخلية.
فى المنشآت متوسطة وكبيرة القدرة والتى تستقبل التغذية من شبكات الربط (66ك ف) والنقل (220ك ف) يكون التوسع فى استخدام منظومات التغذية العميقة جوهريا حيث تتميز بوصول الجهد العالى إلى أقرب ما يمكن إلى مراكز الأحمال وبأقل الخطوات البينية لتحويل الجهد مقللة المعدات التحويلية جنبا إلي جنب مع خفض التكلفة المالية للمشروع حيث تخترق خطوط التغذية العميقة حدود المنشأة وتخرج منها تفريعات إلى عدة محطات محولات تغذية عميقة تقام بالقرب من مراكز الأحمال مباشرة. كما نجد أن محطات محولات التغذية العميقة هذه تبنى بأسلوب بسيط بدون قواطع أو قضبان على الجهد العالى، وتتكون أرخص منظومات التغذية العميقة من سكاكين عزل وسكاكين تأريض وسكاكين فصل الحمل على الجهد العالى حيث يتم توزيع الطاقة الكهربية بمعدات توزيع جهد متوسط نمطية. كما يمكن أن يتم ذلك بالتغذية العميقة هذه من خلال خطوط هوائية رئيسية أو على شكل خطوط إشعاعية هوائية أو كابلات أرضية، وتنفذ التغذية العميقة عموما بخطوط هوائية جهد عالى فى الحالات الاعتيادية وقليلة التلوث بينما تستخدم الكابلات الأرضية فى الحالات الأكثر تلوثا، وتتميز منظومات التغذية العميقة الإشعاعية بمرونة وسهولة التشغيل مقارنة بالمنظومات ذات الخطوط الرئيسية، لأن حدوث عطب أو إصلاح لأحد الخطوط أو المحولات لا يؤثر على أداء محطات المحولات الأخرى. إن منظومات التغذية العميقة الأكثر تبسيطاً والأقل سعراً لا تقل عولاً عن منظومات التغذية المركزية ويمكن استخدامها لتغذية المشتركين بأى مستوى عول.

4 - محطة المحولات الرئيسية Main Substation

تصمم محطة المحولات الرئيسية وفقاً للقدرة المركبة للمنشأة ومستوى عول تغذيتها ونوعية الأحمال وتوزيعها داخل حدود المنشأة وكذلك تبعا لمتطلبات الإنتاج ومنظومات التشغيل، وهي عموماً تشتمل على محول رئيسي واحد أو عدة محولات كأي محطة كهربية بالشبكة الموحدة إضافة إلي معدات القطع على الجهد العالى والمتوسط أبسط هذه المحطات لا تحتوى على معدات قطع على الجهد العالى نهائيا حيث تبنى هذه المحطات من وحدات مدمجة (محول متكامل مع سكاكين الفصل على الجهد العالى) ويمكن استخدامها على جميع الجهود. إذا إستحال إستخدام الوحدات المدمجة بدون قواطع وقضبان فيكون تصمي محطات المحولات الرئيسية بمجموعة واحدة من القضبان المجزأة على الجهد العالى. تستخدم محطات المحولات الرئيسية المحتوية على قواطع على الجهد العالى فى حالات نادرة فى المحطات عالية القدرة وهي التى تحتوى على عدد كبير من مغذيات الخروج والدخول شاملة الخطوط العابرة، وتصبح هذه المحطات عالية التكلفة فى حالة توفير مجموعتى قضبان على الجهد العالى إضفة إلى تعقيد منظومات تشغيلها ولتوفير مرونة ألفو فى أعمال الفصل والتعشيق الكهربي. عادة تبنى المحطات الرئيسية بمنظومة قضبان رئيسية وأخرى انتقالية إلا أن هذا النوع من المحطات غير شائع الاستخدام بالمنشآت الصناعية وينتشر فى محطات المحولات الضخمة بالمناطق الهامةحيث تحتوى على أعداد كبيرة من مغذيات الدخول والخروج.

ينتشر استخدام منظومات القضبان المجزأة على الجهد المتوسط فى محطات المحولات الرئيسية، ويعتمد عدد أجزاء القضبان على عدد مغذيات الدخول والخروج ومنظومة توزيع القوى الكهربية داخل المنشأة،وفى غالبية الأحوال لا يزيد عدد أجزاء القضبان علي الجهد العالي عن جزئين حيث يعمل كل جزء منهما منفصلاً فى حلة التشغيل الاعتيادية ويغذى من خط أو محول مستقل بعيدا عن بقية المغذيات، كما تعمل المحطة ذات القضبان المجزأة بنظام 2 من 3 آلياً مما يسمح باستخدامها فى المنشآت الصناعية بأى مستوى عول مما يميز المنظومة عموما. أبسط المنظومات وأقلها تكلفة تحتوى قضبان غير مجزأة، غيرر أن هذه المنظومة تستخدم

في تغذية الأحمال الكهربية فئة " عول ثالثة" أي أنه عند حدوث قصر على القضبان (أوفي حالة إجراء أعمال الصيانة) ينقطع التيار عن جميع أحمال المحطة.
جدير بالذكر أنه يتم اختيار عدد محولات القوى ومقننتها بمحطة المحولات الرئيسية ومحولات التوزيع بورش المنشأة بناءا علي أسس فنية واقتصادية في ذات الوقت وذلك لتأثيرها الكبير على اقتصاديات شبكات التغذية الكهربية للمنشأة الصناعية، وتتلخص مؤشرات اختيار المحولات فى عول التغذية وقيمة القدرة الكهربية، كما يلزم تحديد المرادف الأمثل من خلال مقارنة الاستثمارات والتكلفة السنوية لعدة مرادفات. من الضروري التركيز على اختيار قدرتين مقننتين للمحولات الرئيسية (بخلاف محولات الخدمة) مما يؤدى إلى قلة المخزون الاحتياطي مع تيسير عملية إحلال المحولات المعطوبة ومن الأفضل، كلما أمكن توحيد سعة المحولات وذلك إلي أن يتم تشغيل منظومات التغذية الكهربية كاملة بدون مشكلات.



من الأفضل تركيب أكشاك محولات التوزيع بالورش بدون لوحات توزيع على الجهد المتوسط كي نتيح الفرصة للتوسع فى استخدام التوصيل المباشر لكابلات التغذية على عوازل المحول في شبكات التوزيع الإشعاعية وتوصيلها من خلال سكاكين فصل الحمل فى شبكات التوزيع بمغذيات رئيسية كما يجب تفضيل أكشاك التوزيع المدمجة فى تغذية ورش المنشآت الصناعية.

5 –شبكات التوزيع الداخلية Internal Distribution

تتميز شبكات التوزيع الداخليةفي المناطق الصناعية بكثرة مخارجها الفرعية واحتوائها على أعداد كبيرة من أجهزة القياس والوقاية مما يؤثر بشدة على المؤشرات الفنية والاقتصادية وعول منظومات التغذية الكهربية

ولذلك عند إنشاء شبكات التوزيع الداخلى بشكل أمثل يجب مراعاة الشكل التنفيذى للمراكز الرئيسة للشبكة وكذلك مسار سريان الطاقة الكهربية وحساب تيارات القصر بدقة وذلك من خلال إعداد عدة مرادفات متباينة لتصميم الشبكة ذاتها، كما يجب أن يهتم المصمم بتوفير حلول مناسبة لتغذية أحمال القوى والإضاءة ليلاً وفى أيام العطلات والأعياد أيضا ولتحقيق الاحتياطى المتبادل . من الهام التوصية بتوفير كبارى قضبان وكابلات بين أكشاك الورش المتقاربة وكذلك بين نهايات شبكات الجهد المنخفض المغذاة من محولات توزيع مختلفة كي تجعل هناك درجة مرونة عالية عند تواجد أعطالا كهربية مما يرفع من معامل العول نتيجة ارتفاع الإعتمادية بل ورفع الكفاءة مع معامل الخطورة.

6 – أسس شبكات التوزيع الداخلية Basics

يتم أحيانا تصميم شبكات التوزيع الداخلية علي عدة مراحل متتالية بالرغم من أنه من غير المجدى بناء منظومات شبكات بأكثر من 3 مراحل توزيع وذلك تفادياً لتعقيد توافق معدات القطع والوقاية ولمنع بعض الظواهر التقنية والظاهرة بالتشغيل، ويوصى بتصميم شبكات بمرحلة توزيع واحدة بالمنشآت الصناعية ذات قدرة مركبة صغيرة ولا يتوقف الأمر هنا بل يقودنا إلي الإستعانة بمحسنات معامل القدرة (الشكل رقم 6-8) من أجل زيادة كفاءة التشغيل ويتم تركيبها إما عند القضبان أو عند نقاط الإستهلاك مباشرة.

يجب ربط تصميم شبكات التوزيع بمنظومة الإنتاج التكنولوجى للمنشأة وذلك بتغذية الأحمال الكهربية لخطوط الإنتاج المتوازية من مصادر مستقلة حتى لا يتوقف كل الإنتاج عند تعطل أحد مصادر التغذية الكهربية، أما تغذية معدات الإنتاج المترابطة من مصدر تغذية واحد كفيل بضمان توقفها جميعاً في نفس الوقت عند فصل التغذية الكهربية وهو ما لا نبغيه عامة.

عند تنفيذ شبكات التوزيع الداخلية للمنشأة الصناعية يجب استعراض مرادفات مختلفة لتحقق أمثل استخدام للوحات التوزيع وأقل طول لمغذيات الشبكة وهذا يحقق أيضا أقصى اقتصاديات (أقل تكلفة) لمعدات القطع والوقاية.

7 – اختيار شبكات التوزيع للمنشآت الصناعية

تتشكل شبكات التوزيع الداخلية للمنشأة الصناعية إما بمنظومة المغذيات الرئيسية أو بمنظومة إشعاعية أو خليط منهما كما يتم اختيار المنظومة المناسبة منهما تبعا لعول الأحمال الكهربية ومواقعها بالمخطط العام للمنشأة وخواص منظومة التشغيل. تنتقل الطاقة الكهربية فى المنظومات الإشعاعية مباشرة من مصدر التغذية إلى المستهلك وغالباً ما تنفذ هذه المنظومات بمراحل توزيع لا تزيد عن مرحلتين أما فى المنشآت الصناعية الصغيرة والمتوسطة تتكون منظومات التوزيع الإشعاعية بمرحلة توزيع واحدة لتغذية الأحمال المتمركزة (محطات المضخات والأفران ومعدات توحيد التيار وأكشاك محولات الورش) والمنتشرة فى جميع الاتجاهات من مركز التغذية. تحقق منظومات التوزيع الإشعاعية تجزئة عميقة لكل منظومة التغذية الكهربية ابتداءً من مصدر التغذية وانتهاءًا بقضبان الجهد المنخفض فى أكشاك محولات الورش حيث تغذى محطات المحولات والموزعات بأحمال فئة " عول أولى" بخطين إشعاعين على الأقل خارجين من جزئى قضبان مصدر التغذية وتغذى أكشاك المحولات (400 – 630ك ف أ) المنتشرة بعيداً عن مصدر التغذية مع غياب أحمال كهربية فئة " عول أولى وثانية" بمغذى إشعاعى واحد دون احتياطى مع ضمان الإصلاح السريع للمغذى بتوفير طريقة مناسبة لمد الكابلات. بالنسبة للورش بأحمال فئة " عول ثانية" فإنها تغذى بواسطة مغذيين على التوازى مع توفير سكينتين لكل كابل.

تستخدم الشبكات الإشعاعية مع موزعات بينية فى شبكة التوزيع بالمنشآت الصناعية الكبيرة والمتوسطة حيث تغذى مراكز الأحمال الكبيرة من خلال موزعات، إذ أنه غير مجدى تحميل مركز التغذية الرئيسى للمنشأة المكون من خلايا توزيع مكلفة بأعداد كبيرة من مغذيات الخروج قليلة التحميل كما تغذى أكشاك محولات الورش من الموزعات البينية بدون قضبان على الجهد المتوسط

ويتم توصيلها بالكابل من خلال سكينة فصل الحمل معها أجهزة القطع والوقاية مثل المصهرات كوسيلة شفعة الاستخدام (الشكل 6-9).
تستخدم شبكات التوزيع بمغذيات رئيسية فى حالة كثرة مراكز الأحمال وعدم جدوى استخدام الشبكات الإشعاعية وتتمثل الميزة الأساسية فى الشبكات بمغذيات رئيسية فى قلة أعداد مواقع الفصل والتعشيق ، وتزداد جدوى هذه الشبكات عندما تنتشر أكشاك المحولات على مساحة المنشأة فى خطوط شبة مستقيمة مما يتيح المد المباشر للكابل الرئيسى من مصدر التغذية إلى الأكشاك بأقصر الطرق.
من العيوب الواضحة في الشبكات بمغذيات رئيسية يأتي في المقدمة إنخفاض عولها مقارنة بالشبكات الإشعاعية بسبب عدم إمكانية توفير منظومات احتياطية على الجهد المنخفض للأكشاك أحادية المحول عند تغذيتها من مغذى رئيسى واحد. لذلك يوصى بعدم تغذية أكثر من 2 – 3 أكشاك محولات قدرة (1000 – 2500ك ف أ).. أو أكثر من 4 – 5 كشك محولات بقدرة أقل في حدود (250 – 630ك ف أ) من مغذى رئيسى واحد. ولرفع عول الشبكات بمغذيات رئيسية يتم تطويرها الى شبكات متعددة المغذيات الرئيسة المتداخلة ذات العول المرتفع لتغذية باقى فئات العول. تفضل الشبكات ثنائية المغذيات الرئيسية المتداخلة لتغذية أكشاك المحولات بالورش أو الموزعات بقضبان مجزأ أو أكشاك الورش ثنائية المحولات بدون قضبان على الجهد المتوسط، ويعمل جزءا قضبان كشك المحولات أو الموزع منفصلين فى حالة التشغيل العادية، فى التصميمات الفعلية وفى حالة حدوث عطل على أى من أكشاك المحولات على المغذى الرئيسى أو بالموزع تنقل تغذيتها إلى المغذى الرئيسى الباقى بالخدمة.
نادرا ما يستخدم الشكل الإشعاعى فقط أو الشكل بمغذيات رئيسية فقط وإنما تستخدم النوعين معا للاستفادة من مزايا كل منهما فى بناء منظومة تغذية كهربية بأعلى جدوى فنية واقتصادية.

8- الشبكات الكهربية بالورش Workshop Networks

عادة يتم تصميم شبكات الورش بالمنشآت الصناعية على جهود أقل من 1 ك. ف. (380 ف. هو الجهد الأكثر شيوعاً) ومن أهم العوامل التى تؤثر فى اختيار منظومات شبكات الورش يأتي كلا من: (مستوى العول المطلوب

لتغذية الأحمال – منظومات عملها – مواقعها داخل حدود الورشة – قيم ة التيار – الجهود المقننة) إضافة إلي الأهمية الخاصة لمباني الإنتاج التي تقسمها المواصفات القياسية وفقاً لخواص البيئة المحيطة إلي: مباني بجو معتدل – حارة – رطبة – مبللة – مبللة بشدة – مترية – فعالة كيميائياً – مناطق قابلة للحريق والانفجار. وعند تصميم هذه المنظومة يجب التحديد الدقيق لخواص البيئة التي تؤثر بشدة على مستوى الحماية (IP) للمعدات الكهربية فيجب توافر الآتي بمنظومات الشبكات الكهربية:

1- مستوى عول التغذية الكهربية للأحمال وفقاً لخواصها.
2- سهولة التشغيل وبدون مخاطر.
3- استخدام الطرق الصناعية والسريعة للتنفيذ.
4- الجدوى الاقتصادية.
5- تحسين معامل القدرة للمحركات في الشبكة الكهربية وهو ما يمكن إدراجه لبعض المقننات للمحركات الفردية (جدول 6-2) أو تحديد مقننات المصهرات المناسبة للمحركات الثلاثية سواء كان باسلوب البدء المباشر أو بأسلوب بدء نجمة دلتا في للتشغيل (جدول رقم 6-3).

جدول رقم 6-2: مقننات سعة مكثفات المحركات فردية الطور لتحسين معامل القدرة

قدرة المحرك ك.و.	سعة المكثف ك.فار	قدرة المحرك ك.و.	سعة المكثف ك.فار
4.9 -4	2	17.9 – 14	6
7.9 – 5	2	21.9 – 18	7.5
10.9 – 8	4	29.9 – 22	10
13.9 – 11	5	أكثر من 30	حوالي 30% من قدرة المحرك

تتنوع أيضا شبكات الورش إلى شبكات بمغذيات رئيسية أوإشعاعية ويسمى مغذى (قضبان سابقة التجهيز) بشبكات الورش الخارجة من خلية التوزيع جهد منخفض على ثانوى محول التوزيع والمخصص لتغذية أحمال كبيرة أو شبكة التوزيع داخل الورش بالمغذى الرئيسي. تصمم المغذيات الرئيسية بسعة كبيرة (حتى 6300 أ) ويخرج منها كثير من الفروع

المغذية كما يمكن التوسع فى استخدام منظومات جديدة للشبكات بمغذيات رئيسية فيما يعرف بمجموعة محول – المغذى الرئيسى، وفى هذه المنظومات تختفى خلايا التوزيع جهد منخفض بأكشاك المحولات ويربط المغذى الرئيسى مباشرة إلى ثانوى المحول ومن خلال قاطع كهربى فى أكشاك المحولات التى تحتوى على محولين تربط مجموعات محول – المغذى الرئيسى بواسطة كبارى بقاطع كهربى لتوفير احتياطى متبادل.

جدول رقم 6-3: مواصفات المصهر والقدرة للمحركات الثلاثية بأسلوب بدء مباشر ونجمة دلتا

سعة	قدرة المحرك (ك.و.)			
مصهر(أ)	أسلوب بدء مباشر		أسلوب بدء ستار دلتا	
جهد (ف)	220	380	220	380
2	0.25	0.45	0.43	0.75
4	0.55	1	1	1.7
6	1.05	1.8	1.55	2.7
10	1.9	3.3	2.6	4.5
16	2.6	4.5	4	7
20	3.5	6	5.5	9.5
25	5.2	9	7	12
36	7.2	12.5	10	17.5
50	10	17	14.5	25
80	17	30	24	41
100	23	40	31	53
200	52	90	62	107
250	81	140	81	140
300	93	160	93	160

تتكون منظومات التغذية الإشعاعية من مجموعة مغذيات شبكة الورش الكهربية والتى تخرج من خلية التوزيع جهد منخفض على ثانوى المحول وتخصص لتغذية أعداد قليلة من الأحمال المنتشرة فى مختلف مواقع

الورشة. تستخدم منظومات التوزيع الإشعاعية بالورش عند تعذر استخدام المنظومات بمغذيات رئيسية.

6-3: أداء المحركات التأثيرية
INDUCTION MOTOR PERFORMANCE

الأحمال ليست ثابتة باستمرار لأنها تتغير لحظيا فتسبب تغيرا في كلا من الجهد ومعامل القدرة مما يضيف من التعقيدات إلي دراسة موضوع سريان الأحمال بالطريقة المثلي خلال القنوات الكهربائية بالشبكة الموحدة ومع ذلك فإن العمل علي تشغيل الوحدات أو المحولات ومكونات الشبكة يعتمد علي أسلوب توزيع الأحمال فيما بينهم وحتى يكون ذلك بطريقة مثلي فإنه يجب أن تتبع العديد من الأسس والخطوات طبقا لمنحنيات الأحمال (شكل رقم 6-10).

الحمل (م.و.)

معامل التحميل

الصباحي | المسائي

الشكل 6-10: منحني الأحمال

تمثل الذروة الأوقات العصيبة أمام المعدات أو مهندسي تشغيل الشبكات الكهربائية في المواقع حيث تصل الأحمال إلي أقصى قيمة وعندئذ يقع عبء توزيع هذه الأحمال بين محطات التوليد علي مهندسي مركز التحكم الخاص بتشغيل هذه الشبكة، وهكذا نجد أن توزيع الأحمال يجب أن يتبع أسلوبا علميا ومنظما كي يكون الناتج اقتصاديا من جهة وآمنا علميا من الجهة الأخرى مما يزيد من أهمية دراسة منحنيات الأحمال وسوف نتطرق إلي هذا الموضوع في نقاط محددة:

أولا: أحمال الذروة Peak Loads

تأتي أهمية وقت الذروة في دراسة منحني الحمل لخطورتها حيث لا يتوقف الأمر علي تشغيل وإعداد وحدات التوليد في محطات القوي الكهربائية بل يمتد إلي محطات المحولات خصوصا إذا كان الحمل هو التيار.

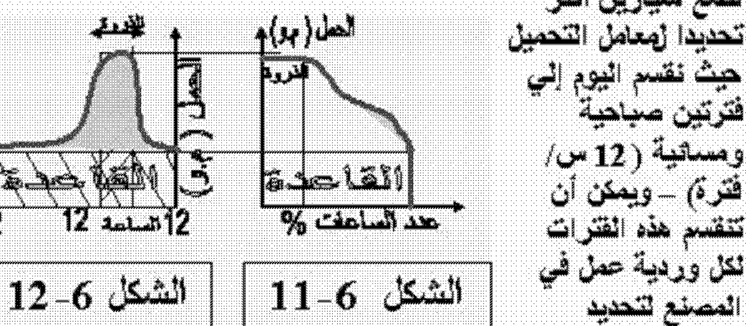
المقنن (الذروة) وهو ما يحتاج إلي رفع درجة الاستعداد إلي أقصي وضع لمواجهة أية ظروف محتملة أثناء التشغيل - خصوصا في حالات التوصيل والفصل المعتادة أو من أية مؤثرات خارجية - وقد تصل هذه الحالة الحرجة إلي الأحمال المنقولة عبر الخطوط الكهربائية بين المحطات المختلفة أو بينها وبين شبكات التوزيع أو داخليا بين شبكات التوزيع الداخلية في المجمعات الضخمة مثل المجمعات الصناعية والتعليمية، وهو ما يجب وضعه في الاعتبار مسبقا حتى لا تسوء الأوضاع وحفاظا علي كفاءة التشغيل ككل والتي ترتفع درجة الخطورة كلما كانت معدلات زيادة الحمل أو انخفاضه كبيرة عند الذروة تحديدا مزيدا العبء علي المهندسين وهذه الاحتمالات تعطي الفرصة لوضع هذا الموضوع في ثلاث نقاط:

1- منحنيات بذروة وحيدة *Single peak Load Curves*

هذه النوعية هي الأكثر شيوعا ولهذا تحتاج إلي المزيد من التحليل.

(ا) معامل التحميل **Load Factor**

نضع معيارين أكثر تحديدا لمعامل التحميل حيث نقسم اليوم إلي فترتين صباحية ومسائية (12 س/ فترة) - ويمكن أن تنقسم هذه الفترات لكل وردية عمل في المصنع لتحديد خصائص كل وردية -



الشكل 6-11

الشكل 6-12

ونأخذ معامل التحميل عن الفترة الصباحية (أو الوردية الصباحية) ومعامل التحميل للفترة المسائية (شكل 6-10) حيث يظهر مستوي التحميل الصباحي والذي عادة يكون أقل من ذلك المسائي بما يظهر لنا الحاجة الماسة لتحيل المعامل الموحد اليومي للتحميل إلي فترتين منفصلتين كي يصبح في مقدورنا اختيار نوعية الأحمال المطلوب إضافتها كي يرتفع معامل التحميل الكلي خصوصا وأن فترة الذروة كالمعتاد تأتي مساءا مما

يلقي الضوء علي الحاجة إلي أحمل صباحية مثل إضاءة الشوارع وغيرها من أحمال الخدمات.

(ب) نسبة طاقتي الذروة والقاعدة *(peak/base ratio)*

هذا بصدد المقارنة المباشرة بين الطاقات كمقياس لدرجة كفاءة استغلال الطاقة الممكنة في محطات التوليد وقد تم تقسيم هذه الذروة علي منحنيا ت الأحمال إلي نوعين من المنحنيات: (منحنيات الأحمال وحيدة الذروة **single peak load curve** ومتعددة الذروة).

يبين الشكل رقم6-11 منحنى التحميل الزمني ومرادفه منحنى الحمل علي الشكل رقم 6-12 والذي يوضح ما هو المقصود بطاقة القاعدة وكذلك طاقة الذروة وهي ما يمكن أن تظهر في الشكل 6-12 حيث انهما واضحتين أيضا وعندما يظهر المنحنى لفترة أطول من الساعة (مدة طويلة) والقيمة ليست الأقصي ولكن المجموعة الكلية للقراءات تمثل الذروة لأن الذروة ليست أقصي قيمة فقط بل تمثل كل القيم الكبوى والتي تقترب من هذه القيمة القصوى وتعتبر الطاقة غير المستغلة من المتاحة ضائعة مثل الطاقة غير الفعالة في القدرات المختلفة للتيار المتردد:

$$\text{الطاقة الكلية} = \text{الطاقة المستهلكة} + \text{الطاقة الضائعة} \quad (1\text{-}6)$$

أما الطاقة غير الفعالة الناتجة عن القدرة غير الفعالة والمتعامدة مع تلك الفعالة فتتبع الصورة

$$\text{الطاقة الكلية المستهلكة} = \text{طاقة الفعالة} + \text{طاقة غير الفعالة} \quad (2\text{-}6)$$

تمثل الطاقة غير الفعالة الفارق بين الطاقة الكلية والفعالة حيث نجد

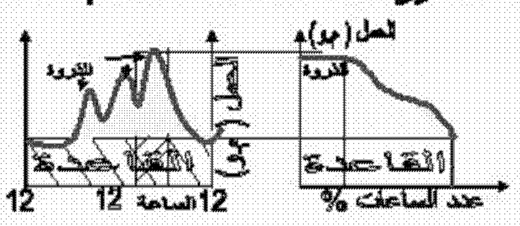
$$\text{الطاقة} = \text{القدرة} \times \text{الزمن} \quad (3\text{-}6)$$

القدرة ذاتها تتبع المعادلات المعروفة لها ككميات متجهة وهي:

القدرة الكلية = القدرة الفعالة + القدرة غير الفعالة (4-6)

2- منحنيات متعددة الذروة multi peak load curves

منحني الأحمال قد تتعدد فيه الذروة أي تتوالى ليلا أو نهارا أو تبادلا بينهما ويظهر بالشكل رقم 6-13 منحني الحمل ومنحني التحميل الزمني الذي لا يعبر عن تواجد تعدد الذروة



الشكل رقم6 -13

وبالتالي لابد من منحني الأحمال اليومي لتحديد عدد القيم القصوى الموجودة، ولها شديد العلاقة مع توليد الطاقة المطلوبة بدءا من تجهيز الوحدات التي تعمل لهذه الفترات معا إذا كانت علي نفس المستوي في منحني التحميل الزمني، ذلك الشكل المزدوج لمنحني الأحمال متعدد الذروة مضافا إلي منحني التحميل الزمني ضروريا للدراسة في مثل هذه الحالات ولا يجوز تجاهله والاعتماد علي منحني التحميل الزمني وحده، وكلما زادت هذه النسبة كلما كان الاستغلال للطاقة أفضل ويكون التشغيل لوحدات التوليد مستمرا لفترات أطول. يقدم الجدول 6-4 حالة منحني الحمل مزدوج الذروة ويعطي النسبة المطروحة الآن ويبين الجدول النسبة بين طاقتي الذروة الفردية والإجمالية إلي طاقة القاعدة وهو ما يؤكد أن هذه النوعية من الأحمال تعطي استغلالا أحسن عن تلك مفردة الذروة.

جدول رقم 6- 4: النسبة بين الطاقتين للشكل الثاني في الجدول السابق

الذروة	القيمة	مدتها	الطاقة	نسبة الطاقة للقاعدة
الذروة الأعلي	98- 100	2	198	34.13
الذروة الثانية	92- 94	4	374	64.47
إجمالي			574	98.6

بالرجوع إلي القراءات الفعلية لمنحنيات نجد أن الطاقة الكلية والطاقة غير الفعالة قد تم حسابهما كما وردت في الجدول 6-5 تأكيدا علي معني الفارق

بين الطاقة الكلية والطاقة الفعلية أو غير الفعالة، خصوصا وأن المطلوب هنا استغلال وتعظيم الاستفادة من الطاقة المتاحة في محطات التوليد والموصلة علي الشبكة.

جدول رقم 6- 5: الطاقة الفعالة وغير الفعالة والكلية المحسوبة

القيمة	الطاقة الفعالة	طاقة غير فعالة	الطاقة الكلية
المجموع اليومي (م.و)	6430.5	4397.2	7811.5
مربع الطاقة	4135330	19335367	61019532

الفرق بين النتائج المحسوبة للطاقة الكلية والذي ظهر بالقيمة 21.333 حيث كانت الطاقة الناتجة من القراءات هي 7790.1666 وكان هذا الفارق نتيجة عاملين أولهما تغير معامل القدرة / ساعة مما يجعل القراءات في مجملها بصورة تقريبية ويبين ذلك المعادلة:

$$\Sigma (P_i)^2 + \Sigma (Q_i)^2 < \Sigma (P_i + Q_i)^2 \qquad (6\text{-}5)$$

بينما يظهر الفارق الثاني في النوع الحسابي وهو الذي يحتوي قسمين من الأخطاء هما:

أ) الخطأ المعتاد في العمليات الحسابية سواء بالحاسب الإلكتروني أو غيره فمثلا إذا قمنا بعملية حسابية بسيطة بأن نضرب أو نقسم رقمين فنري 4 مقسومة علي 3 = 1.333 فإذا ضربنا في 6 كان الناتج 7.998 بينما إذا كنا ضربنا أولا 4 × 6 لكان الناتج 24 وعندما تقسم علي 3 فتعطي 8 وهذا الأسلوب قد يتكرر ويتزايد الخطأ فتعطي نتائج غير صحيحة بالدقة المتوقعة

ب) التقريب عند التدوين خصوصا وأن الحاسب يستطيع إعطاء عدد كبير من خانات الكسور إلا إننا لا

أ) مثلث القدرة ب) مثلث الطاقة لوحدة الزمن

الشكل رقم 6 – 14

نستطيع كتابتها في الجدول أو في الرسم وهكذا ولذلك يستخدم مبدأ التقريب.
أن مجموع الطاقتين الفعالة وغير الفعالة جبريا غير جائز خصوصا وأن كل منهما في اتجاه متعامد مع الآخر ومن ثم لا نستطيع جمعهما جبريا بل يكون ذلك بالمتجهات كما يوضحه الشكل 6-14، حيث أنه من الضروري إجراء تحويل كي يصبح كل المتجهات ممثلة في واحدا فقط وهذا ما نحصل عليه إذا تم تحويل القيم إلي اتجاه الطاقة الكلية والتي تأخذ اتجاه القدرة الكلية كما في الشكل (أ)، يتم ذلك من خلال إسقاط كلا من الطاقتين الفعالة وغير الفعالة علي اتجاه الطاقة الكلية بالعامود المبين في الشكل (ب). هكذا تصبح الطاقة الكلية في اتجاهها:

$$Total\ Energy = E_P \cos(\phi) + E_Q \cos(90 - \phi)$$

$$= E_P \cos(\phi) + E_Q \sin(\phi) \qquad (6\text{-}6)$$

نستطيع الحصول علي قيمة نسبة الفقد بالنسبة بين القيمة المسقطة للجزء غير الفعال من الطاقة علي اتجاه الطاقة ذاتها إلي قيمة إسقاط الطاقة الفعالة فعلا في نفس الاتجاه.

ثانيا: الأحمال الخفيفة Light Loads

تتنوع الأحمال الخفيفة من حيث المعني إلي حالتين تبعا لما هو يتم من تشغيل في الشبكات الكهربائية بناءا علي المنظومة الهندسية المتبعة في هذا الكتيب ونضعهما بالشكل التالي:

1- الأحمال الدنيا (minimum loads)

الأحمال الدنيا في منحنيات الأحمال الكلية علي الشبكة الكهربائية أو أن تكون أحمالا خفيفة علي المعدة المحددة والمعنية بالحمل زمنيا وتقوم علي تغذيتها بالكمية المطلوبة أو أن تكون هذه الأحمال ذات علاقة مباشرة مع الحمل القاعدي (base) كما هو موضح في الشكل رقم 6-12 فنجد من الرسم أن القيمة العددية للطاقة الكهربائية اليومية قد وردت بالصورة:

$$E = P \times Time = 24\,b + (P_1/2 + P_2/2)T - b\,T + A_{am} + A_{pm} = 24\,b + (P_1/2 + P_2/2 - b)T + A_{am} + A_{pm} \qquad (6\text{-}7)$$

من هذه المعادلة نستطيع الحصول علي قيمة القدرة المتوسطة وهي الحمل المتوسط:

$$P_{Average} = (1/24)\{24b + (P_1/2 + P_2/2 - b)T + A_{am} + A_{pm}\} \qquad (6\text{-}8)$$

هذا يضعنا أمام حقيقة واقعية الأحمال الخفيفة ذات علاقة وثيقة بالقيمة المتوسطة للحمل لأن الجزء الأول من المعادلة عادة ما يكون أكبر من أي جزء آخر.

2- الأحمال الخفيفة Low Loads

الأحمال الخفيفة علي المعدات داخل الشبكة الكهربائية والمنحصرة في ما يلي:

(أ) المولدات Alternators

تتعلق الأحمال الخفيفة علي المولدات (alternators) بتلك الأحمال اللحظية والواقعة علي محطات التوليد وهو ما قد لا يظهر كحد أدني علي منحنيات الأحمال الكلية ولكنه يتضح عند دراسة منحني الأحمال للمولد فيبين أين الحمل الأدنى، وهي الحالة التي تمثل الخطورة عند تشغيل المولدات خصوصا إذا ما كانت قريبة من حالة اللاحمل (no load) مما ينعكس علي سرعة المولد وبالتالي علي استقرار تشغيل الشبكة من حيث قيمة الذبذبة (frequency) داخل الشبكة. نضع المعاملات المختلفة لتحميل المولدات وهو ما قد يحدث في المولدات داخل الورش والمواقع الصناعية أو المجمعات الصناعية:

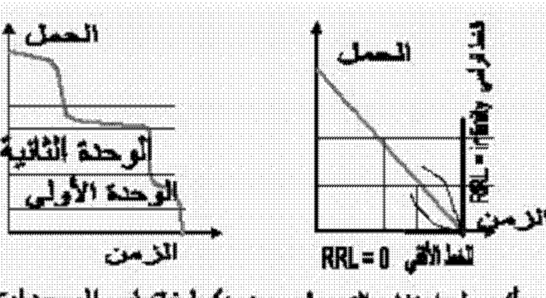
1- معدل ارتفاع الحمل Rate of Rise of Load (RRL)

يقدم الشكل 6-15 منحني الحمل الزمني بشكله العام في خطوط مستقيمة للتبسيط حيث يتم توزيع الوحدات عليه لتغذية الأحمال المطلوبة

ويعطي الخط الرأسي لحالة التحميل الفوري حيث تصبح $dP / dt =$ (infinity) والخط الأفقي لحالة اللاحمل لمدة زمنية حيث $(dP/dt = 0)$ وهي أخطر الحالات، ويقع بينهما الحمل الفعلي وكلما أقترب في بداية تشغيل الوحدة من حالة الخط الرأسي كلما كان أفضل حتى لا يقع المولد تحت تأثير السرعة وزيادتها وهو ما يجعل استخدام طرق التحكم في سرعة المولدات أمرا أساسيا حتى لا تزيد الذبذبة عن الشبكة ويحدث الخروج التلقائي للوحدة من التشغيل أو الربط مع الشبكة. الشكل (ب) يمثل أسلوب الاختيار للوحدات بعد تحديد التشغيل الاقتصادي الأمثل لها تبعا للمعروف في هذا المجال ثم يلزم بدء التحميل مع معامل RRL بقيمة مرتفعة وبعد ذلك لا يهم إذا ما صغرت أو زادت فترة الوحدة الأولي قد بدأت بهذا الأسلوب، لذلك فإنها تعبر عن الاختيار الصحيح علي عكس الوحدة الثانية حيث التحميل يبدأ بمعامل صغير ولفترة طويلة فيكون الاختيار هنا خطأ.

2- فترة بدء تشغيل الوحدات Starting Time

هذا الموضوع ذات أهمية بالنسبة للمحطات البخارية تحديدا حيث يرتفع زمن بدء تشغيل الوحدة لأنه يلزم تسخين المازوت كوقود ثم الضخ ثم عملية الاحتراق وما



أ) معدل ارتفاع التحميل ب) اختيار الوحدات

الشكل رقم 6-15: منحني الحمل الزمني عند تحميل الوحدات

يليها من تبخير للمياه ثم تحميص البخار ثم تجهيز التوربين إلي السرعة المتزامنة المحددة ثم إدخال الوحدة علي الشبكة وكل هذه الخطوات تستغرق الكثير من الوقت والذي يصل إلي عدد من الساعات وهو ما يستدعي الاعتماد علي الأسلوب الوارد في النقطة التالية وعدم الاستغناء عن تشغيلها.

3- توزيع الأحمال بالتوازي
Parallel Distribution of Loads

لتفادي عملية التحميل الخفيف القريب من اللاحمل أو بدون حمل عند بداية دخول الوحدة إلي الخدمة يتم إدخال الوحدات قبل الاحتياج لها بحيث تدخل عند وصول الوحدة العاملة إلي حدود الحمل الأقصى لها فتتقاسمان الحمل وتكون البداية علي حمل وبذلك نتفادى أخطار البدء سابقة الذكر. علي الجانب الآخر يجب الابتعاد عن حالات التحميل الزائد (loading over) إلا عند الظروف القاسية وإذا ما كان ممكنا أسلوبا آخر فيكون الأفضل لسببين هما: (البعد عن حالة التشغيل الحرج وعدم إجهاد المحول فيقصر معه عمره في الخدمة مرورا مع الزمن).

(ب) المحولات Transformers

حالات الحمل الخفيف واللاحمل (no-load) تثير المشكلات الهندسية لمستوي أداء ***(performance)*** الشبكة نتيجة ارتفاع التيارات المغناطيسية ***(magnetic currents)*** والإعصارية وما قد يصحب ذلك من أضرار لأنها تحتوي علي موجات توافقية ***(harmonic waves)*** والتي تظهر نتيجة لعدم تواجد الصفات الخطية ***(linear characteristics)*** في هذه التيارات والفيض المغناطيسي ***(flux)*** المسبب لها وهي الممثلة بالفرع المتوسط ***(shunt branch)*** بالشكل 6-16 حيث تزيد قيمة التيارات فيه عند اللاحمل وكذلك الأحمال الخفيفة. هكذا يكون تأثير التواجد غير الخطي أكثر بكثير من التأثير الخطي الناتج عن الأحمال ويظهر الفقد أيضا مما يقلل الكفاءة ***(efficiency)*** كهربيا فتحتاج بذلك إلي تواجد الأحمال كي تنحدر قيمة التيارات الإعصارية بالنسبة إلي التيار الكلي فيقل تأثيره وتتحول إلي حالات التحميل المعتادة.

(ج) الخطوط Lines

تزداد هذه الحالة خطورة إذا كانت هذه الخطوط الكهربائية طويلة المسافة وهو ما يزيد من قيمة القدرة السعوية (capacitive) بدلا من الحثية (inductive) المعتادة عند الأحمال المتوسطة والعالية فيرفع الجهد علي أطراف النهاية إلي حدود فوق مستوي العزل الطبيعي (***insulation level)*** للخط مما قد تؤدي إلي انهيار ***(breakdown)*** العوازل ومن ثم

توقف الخط عن العمل ونقل القدرات الكهربائية المطلوبة. يظهر من الدائرة المكافئة T للخط الكهربائي أنه عند زيادة الطول وظهور السعة التي تسبب (ظاهرة فرانتي *Ferranti Effect*) إرتفاع الجهد V_r عند أطراف الاستقبال (النهاية) عن الجهد عند البداية V_s مما يسبب انهيارا للعزل في منطقة ارتفاع الجهد عن مستوي العزل الفعلي وهو ما يبين من المتجهات لهذه الدائرة، حيث نجد أن جهد الاستقبال (***receiving end***) يزيد عن الجهد عند أطراف الإرسال (***sending end***) فنري الجهد في حالة الأحمال الخفيفة أعلي عن جهد الإرسال. جدير بالذكر أنه يمكن الاستفادة من حالة الحمل الخفيف علي أي من هذه المعدات وذلك عن طريق رفع مستوي التحميل بإضافة أحمال لتخزين المياه في محطات رفع المياه وإعادة الانتفاع بها وقت الذروة لتوليد طاقة هيدروليكية بسيطة والتي تعتبر في هذه الحالة أنها مخزونة.

ثالثا معامل القدرة Power Factor

نتعامل مع معامل القدرة في هذا الفصل بخلاف ما سبق من حيث الهدف والمزج بين المعاني وتحديد موضع التلاقي بين الجهات المختلفة حيث يعتمد منحني الأحمال في جوهره علي معامل القدرة فنجد تأثيره كبير عند الذروة بينما يتضاءل ذلك مع الأحمال الخفيفة ولذلك يجب الاهتمام به ودراسته وتحديد مستوي التأثير علي الأحمال وبهذا نسرد في ما يلي الحدود الأساسية له.

1- أهمية معامل القدرة Importance

يلعب معامل القدرة دورا هاما في التخلص من الفاقد واستعادة الطاقة الضائعة إلي الشبكة مرة أخري كي تستغل في مكان آخر ومن الضروري التعرض لأهم النقاط الجوهرية ونضعها إيجازا:

الشكل رقم 6 - 16

(أ) العيوب Disadvantages

العيوب الأساسية تظهر في ثلاث نقاط:

1- رفع تكلفة إنتاج الطاقة

2- خفض معدل التحكم في الجهد

3- زيادة الفقد الكهربائي

بينما تتنوع العيوب بين طرفي العملية الكهربائية أي بين المستهلك وشركات الكهرباء، ونلخصها في هذه السطور، أما عن العيوب الناجمة علي أكتاف المستهلك فنراها:

1- تحميل أعباء مالية (غرامة كبار المشتركين)

2- استهلاك وتقصير عمر الأجهزة الدوارة

3- الإضرار بمستوي أداء الأجهزة

أما عن العيوب التي تخص شركات الكهرباء فتدخل في ثلاث مبادئ هي:

1- تحمل نفقات زائدة لتشغيل المحطات

2- تقليل القدرة علي سد احتياجات المستهلكين

3- زيادة أعباء التطوير والتوسع والتجديد بالشبكة

يرجع انخفاض معامل القدرة إلي عدد من الأسباب تنحصر بين المستهلك وشركات الكهرباء فالمستهلك يسبب انخفاض هذا المعامل بما يلي:

1- تشغيل موتورات علي أحمال خفيفة

2- استخدام مصابيح الإنارة التي تعتمد علي تفريغ الغازات

3- استهانة بعض من صغار المشتركين لعدم وجود شرط جزائي بالغرامة علي وتيرة المتبع مع كبار المشتركين

أما شركات الكهرباء فتتسبب في انخفاض المعامل لسببين هما:

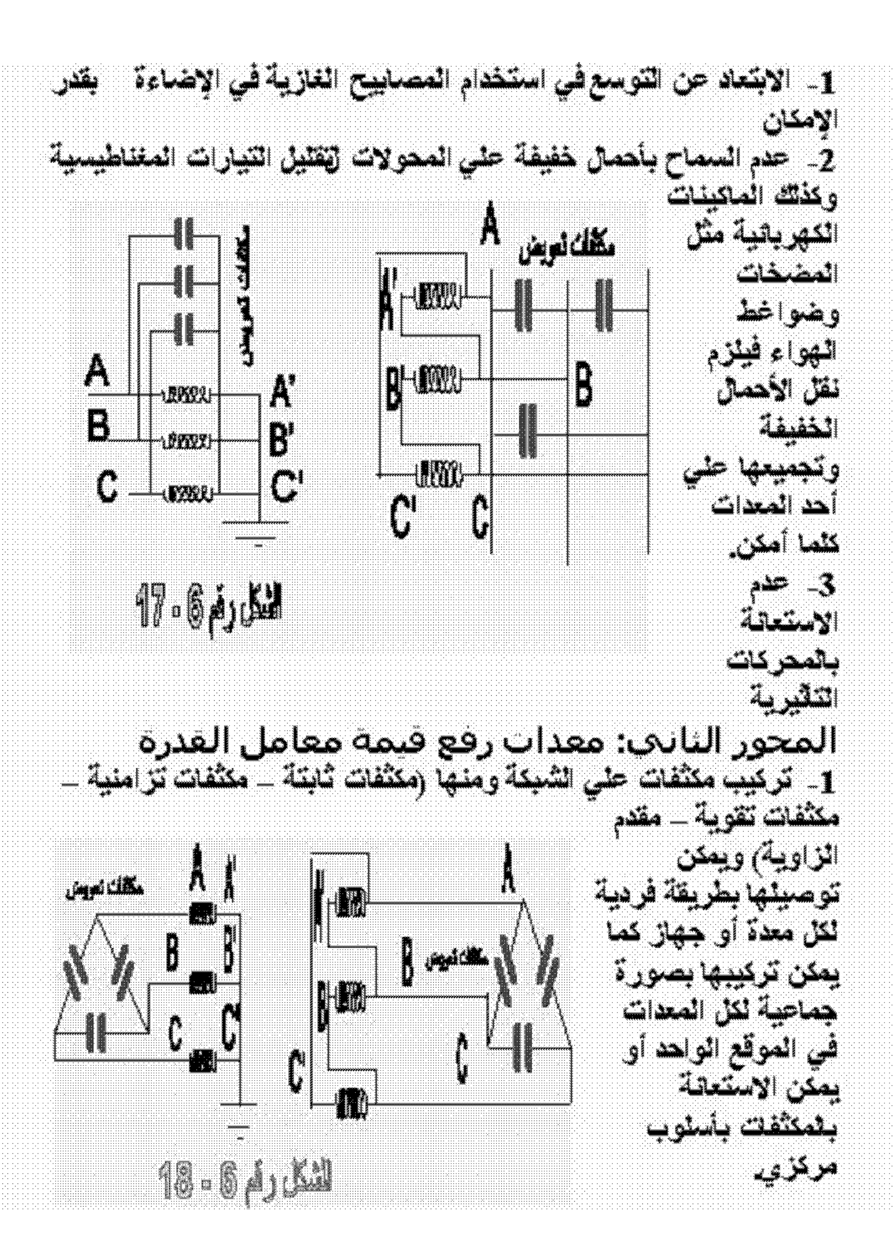
1- عدم تقنين الغرامة لصغار المشتركين إذا انخفض معامل القدرة طرفهم

2- وجود تيارات توافقية في الشبكة

(ب) أسلوب التحسين Improvement Concept

يتحقق هذا من خلال ثلاث محاور هي:

المحور الأول: تجنب العوامل المسببة للخفض Avoiding Reasons



1- الابتعاد عن التوسع في استخدام المصابيح الغازية في الإضاءة بقدر الإمكان

2- عدم السماح بأحمال خفيفة علي المحولات لتقليل التيارات المغناطيسية وكذلك الماكينات الكهربائية مثل المضخات وضواغط الهواء فيلزم نقل الأحمال الخفيفة وتجميعها علي أحد المعدات كلما أمكن.

3- عدم الاستعانة بالمحركات التأثيرية

الشكل رقم 6 - 17

المحور الثاني: معدات رفع قيمة معامل القدرة

1- تركيب مكثفات علي الشبكة ومنها (مكثفات ثابتة – مكثفات تزامنية – مكثفات تقوية – مقدم الزاوية) ويمكن توصيلها بطريقة فردية لكل معدة أو جهاز كما يمكن تركيبها بصورة جماعية لكل المعدات في الموقع الواحد أو يمكن الاستعانة بالمكثفات بأسلوب مركزي.

الشكل رقم 6 - 18

المتزامنة في مجال الإثارة
3- الاعتماد علي معدات وأجهزة عالية معامل القدرة مثل المحركات عالية السرعة وكذلك تلك المعدلة بمعامل القدرة عن طريق توصيل مكثفات داخلية مع ملفات المحرك بأسلوب التعويض التوازي سواء كانت الملفات بتوصيلة نجمة أو دلتا (الشكل 6-17) بينما علي الجانب الآخر نستطيع توصيل المكثفات في شكل دلتا ويتم تركيبها علي أطراف ملفات المحرك كما جاء في الشكل 6-18.

2- تأثير معامل القدرة منحنيات الأحمال

P. F. Effect on Load Curves

تتأثر منحنيات الأحمال للقدرات الكلية بدرجة كبيرة بمعامل القدرة مما يجب أن نضعه واضحا في صورة المعادلة الرياضية الممثلة لمنحني الأحمال عند الحصول علي الطاقة المستغلة عند الحصول علي الطاقة المستغلة علي النحو:

$$\Sigma V_i I_i = V \Sigma I_i \qquad (2\text{-}9)$$

حيث i تأخذ الأرقام من 1 وحتى 24 بعدد الساعات اليومية ونجد أن الجهد متغيرا مع تغير الأحمال إلا إننا نفترض ثبوته بقيمة واحدة وبذلك تظهر قيمة القدرة الفعالة بوحدات م. و.:

$$MW=V\{I_1 \cos \varphi_1+I_2 \cos \varphi_2+\ldots+I_{24} \cos \varphi_{24}\} \qquad (2\text{-}10)$$

بينما تعبر المعادلة التالية عن القدرة غير الفعالة بوحدات م. ف. أ. ر. بالشكل:

$$MVAR = V \{ I_1 \sin \varphi_1 +I_2 \sin \varphi_2 +\ldots + I_{24} \sin \varphi_{24}\} \qquad (2\text{-}11)$$

من ثم نحصل علي قيمة معامل القدرة المتوسط اليومي في الصورة:

$$\cos \varphi = MW/MVA = 1/\sqrt{1 + (MVAR/MW)^2} \quad (2\text{-}12)$$

ذلك يحدد أن معامل القدرة ذو تأثير واضح علي مدي الاستفادة من القدرة المتاحة في محطات توليد الطاقة وهو ما يظهر من الشكل رقم 6-19 حيث يبين من منحني التحميل الزمني أن معامل القدرة يزيد من القدرة المتاحة والمطلوبة ويستهلكها كلما انخفض هذا المعامل وقد جاءت الأشكال المتعددة مع ثبات قيمة الطاقة الفعالة لحظيا في كل المنحنيات بالشكل. بالإضافة إلي أن القدرة الكلية تعتمد علي معامل القدرة بشكل مباشر ففي الشكل رقم 6-20 يرتفع مقدار القدرة الكلية المطلوبة لذات الحمل مع انخفاض معامل القدرة بشكل متزايد وغير خطي أن القدرة الفعالة ثابتة للشكلين كما أن التعامل مع معامل القدرة المتوسط كان الأساس في الحسابات والتي رسمت في الشكلين.

الشكل رقم 6 - 19

هذا المعامل يمثل نوعا جوهريا من التحسين والتطوير في شكل منحنيات الأحمال خصوصا وأنه يتغير لحظيا بطبيعة الحال نظرا للتغير المستمر في نوعية الأحمال التي تدخل أو تخرج من الشبكة الكهربائية فتزيد أو تنخفض قيمته ولذلك فكل ما تم التعامل معه من شرح في هذا الجزء الخاص بمعامل القدرة كان مؤسسا علي معامل القدرة المتوسط وهو بالتأكيد يختلف عن معامل القدرة اللحظي، كما تزيد أهميته إذا ما انخفض عند الذروة أو عند الأحمال الخفيفة أيضا.

الشكل رقم 6 - 20

المحور الثالث:التصميم بمحنيات الأحمال
Design with Curves

يعتمد التصميم الجيد علي صفات منحنيات الأحمال وهذا لا يمكننا التكهن به علي الدوام فقد تتبدل الأحوال أحيانا أو تحدث تغييرات جوهرية في الشبكة الكهربية ولذلك يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند التصميم كل الاحتمالات وما يجد أثناء التشغيل يقع علي عاتق مهندسي التشغيل سواء في المحطة أو في مراكز التحكم المختصة ولهذا يلزم التعامل مع منحنيات الأحمال كواحد من المعاملات الأساسية في عملية تصميم وصلات الربط الكهربائية بين المعدات وملحقاتها داخل المحطات الكهربائية عموما وهي ما توضع في شكل رسم كهربي متكامل الأطراف من حيث دخول الطاقة أو خروجها وهو ما يعرف باسم الرسم الفردي للمحطة وتصميمه يدخل في عمليات تحسين المعاملات الخاصة بالتحميل ومنحنيات الأحمال.

رابعا: معامل القدره فى المحركات التأثيرية P. F.

تعتبر المحركات التأثيرية من أهم مصادر القدرة غير الفعالة ولذا تحتاج إلي دراسات مدققة لأنها إما أن تظهر علي صورة حمل كبير واحد أو مجموعة أحمال مركزة كلها علي قضيب توزيع واحد أو منتشرة في الموقع ككل، ويمكن تحسين معامل القدرة المنخفض بسبب تلك المحركات إما بطريقة التحسين المحلي وإما بطريقة التوصيل التجميعي. الطريقة الأفضل تعتمد علي نتائج الدراسات التفصيلية للشبكة من حيث طبيعة الأحمال ودورة الحمل وشكل الشبكة وغير ذلك من العوامل الفنية والاقتصادية، يلزم عدم اللجوء إلي طريقة بعينها إلا بعد إجراء تلك الدراسات بصورة دقيقة وذلك تجنبا لأي ظواهر ضارة قد تنشأ نتيجة تركيب المكثفات في موضع معين دون إجراء الدراسات الكافية وتتميز معظم محركات القفص

معامل القدرة

السرعة (لفة/ق)

شكل 6-21: تأثير السرعة

التأثيرية squirrel-cage induction motors بعدة خصائص مشتركة:

1 - تتراوح القدرة غير الفعالة من 0.5 إلي 1.0 كيلو فار / ك. و. من قدرة المحرك الفعالة ويعتمد هذا المقدار علي سرعة المحرك ومقنن قدرته (ك. و.) ونسبة تحميل المحرك إلي مقنن الحمل الكامل.

2 - يتراوح معامل القدرة بين 80 و 90% تبعا لسرعة المحرك فكلما زادت السرعة المتزامنة للمحرك زاد معامل قدرته لنفس مقنن قدرة الحمل الكامل (الشكل 6 -21).

جدول 6-6: قدرة غير فعالة للمحركات التأثيرية عالية السرعة (لفة / ق)

سرعة محرك	3000			1500			1000		
%	نسبة التحميل			نسبة التحميل			نسبة التحميل		
قدرة حصان	100	75	50	100	75	50	100	75	50
1	0.8	0.7	0.6	0.9	0.8	0.7	1.1	1.1	0.8
2	1.2	1.1	1.1	1.5	1.4	1.4	1.5	1.3	1.3
3	1.7	1.6	1.5	2.1	1.8	1.7	2	2	2
5	2.6	2.3	2.1	3.2	2.8	2.5	3.2	2.9	2.7
7	3.3	2.8	2.5	4.3	3.7	3.6	4.3	3.9	3.6
10	4.4	3.9	3.3	5.7	4.9	4.5	5.6	5	4.5
15	6.7	6	5.2	8.4	7	6	8.2	6.9	6.3
20	9	7	6	10	9	7	10	8.8	7.8
30	13	10	9	14	12	11	15	13	11
40	16	14	12	17	16	14	19	16	15
50	20	17	14	21	20	17	23	19	17
60	20	17	16	24	20	17	24	21	19
70	21	17	16	26	22	19	27	25	22
80	24	20	18	30	24	21	31	29	25
90	27	22	21	33	30	26	37	33	28
100	30	25	23	37	33	29	44	38	33

3 - للمحركات التي لها نفس السرعة فإن معامل قدرتها يميل إلي الارتفاع مع ارتفاع مقتن قدرة الحمل الكامل لها (الشكل 6-22).

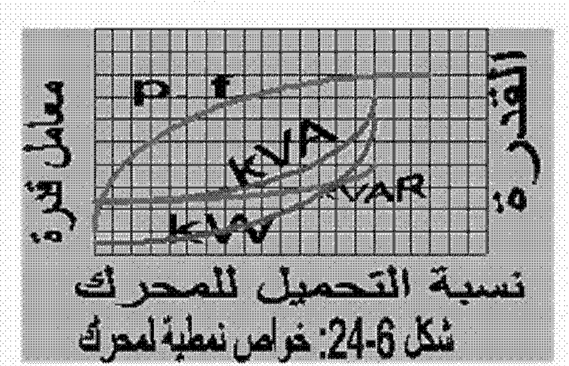
4 - يميل معامل القدرة إلي الانخفاض بانخفاض نسبة تحميل المحرك ويرتفع بارتفاعها حتى يصل إلي أقصي قيمة له عند التحميل الكامل (الشكل 6-23) ويعطي الجدول(6-6) قيما نمطية لمتوسط القدرة غير الفعالة للمحركات ذات السرعة العالية (3000 - 1000 لفة / ق) وفي الجدول 6-7 تلك القيم للمحركات ذات السريعات المنخفضة 75 - 375 لفة / ق).

شكل 6-22: تأثير القدرة

شكل 6-23: خواص القدرة النمطية

5 - رغم أن معامل قدرة المحرك يتغير علي مدي واسع بتغير نسبة التحميل إلا إن القدرة غير الفعالة تتصرف تتغير في نطاق ضيق علي المدى الممتد من اللا حمل وحتى التحميل الكامل.

يبين الشكل 6-24 الخواص النمطية الكاملة لمحرك حثي متوسط المقتن والسرعة ولذلك نتعامل مع تحسين معامل القدرة لهذه المحركات بشكل مكثف عن طريق التحسين الفردي **Individual Improvement** حيث استخدام طريقة التوصيل المحلي



شكل 6-24: خواص نمطية لمحرك

المذكورة في البند يتم توصيل المكثف علي أطراف المحرك مباشرة ويتم توصيل مكثفات الأطوار الثلاثة علي شكل دلتا كما في الشكل 6-25
ويستعمل في حالة استخدام التحسين الفردي مكثف ذو مقنن ثابت من القدرة غير الفعالة حيث يكون هذا المكثف مناسبا في جميع حالات تحميل المحرك وهذا يرجع إلى ما ذكرناه في البند السابق من إن قيمه القدرة غير الفعالة للمحرك لا تتغير علي مدي كبير أثناء تغير حمل المحرك من اللاحمل إلى التحميل الكامل.

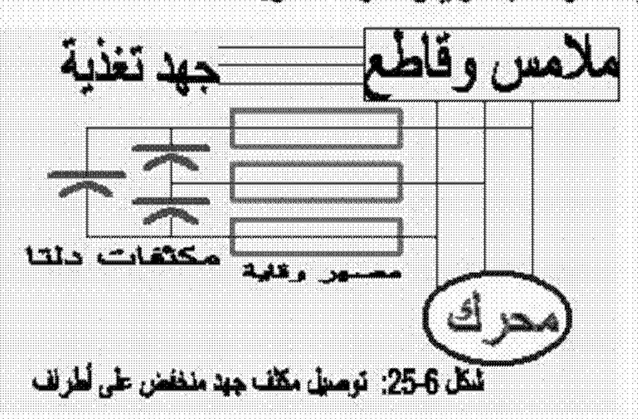
جدول 6-7 : القدرة غير الفعالة في المحركات التأثيرية منخفضة السرعة

500 (لفة / ق)			600 (لفة / ق)			750 (لفة / ق)			سرعة
نسبة التحميل (%)									قدرة
50	75	100	50	75	100	50	75	100	حصان
1.4	1.5	1.5	-	-	-	1	1.1	1.2	1
2.5	2.8	2.8	-	-	-	1.9	2	2.1	2
3.5	3.7	3.9	2.8	3	3.4	2.4	2.5	2.8	3
4.9	5.3	5.6	4.4	4.7	5	3.8	4.2	4.4	5
6.5	6.9	7.1	5.6	5.8	6.4	5.1	5.5	5.6	7
6.6	7.5	8.6	6.4	7.1	8.2	6.7	7	7.4	10
10	11	13	9	10	11	8.7	9.7	10	15
13	14	16	11	13	15	10.8	11.9	12.4	20
18	21	22	16	18	20	15	17	18	30
20	24	27	20	23	26	18	20	21	40
25	29	32	24	27	31	22	27	29	50
30	35	40	25	29	33	25	28	30	60
33	37	44	29	35	39	25	28	33	70
37	43	50	31	36	41	26	32	37	80
38	44	51	35	40	46	29	34	40	90
42	49	57	38	44	51	32	38	44	100

تعطي عملية التوصيل الفردي علي المحرك أفضل النتائج من حيث تحسين معامل القدرة حيث يعمل كل من المحرك والمكثف كوحدة واحدة بحيث يتم توصيلها علي منبع القدرة أو فصلها عنه معا، يمكن بهذه الطريقة تزويد الشبكة بالقدرة غير الفعالة اللازمة عند طلبها من الأحمال فقط. علاوة علي ذلك فان توصيل المكثف علي أطراف المحرك يحقق تحسين معامل

القدرة لجميع أجزاء الشبكة ابتداء من موقع المكثف وحتى مصدر التغذية، إن تأثير مصدر القدرة غير الفعالة يبدأ من موقع هذا المصدر ويتجه نحو مصدر التغذية خلال الشبكة وليس نحو الأحمال.

إن توصيل المكثفات بطريقة فردية على كل محرك على حدة ليس دائما هو الأفضل في تحسين معامل القدرة



شكل 6-25: توصيل مكثف جهد منخفض على أطراف

ويرجع ذلك إلى عوامل هندسية واقتصادية نوجز أهمها في ما يأتي:

1) تحتوي معظم الشبكات الصناعية الآن على مصادر للموجات التوافقية للتيار بسبب استخدامها للعديد من الأجهزة الإلكترونية اللازمة في عمليات التحكم والتقويم وغيرها وعلى ذلك فإن وجود تيارات الموجات التوافقية harmonic currents في الشبكة مع وجود عدد كبير نسبيا من المكثفات المتناثرة على الشبكة (تبعا لموقع المحرك المطلوب تحسين معامل القدرة له) يزيد من احتمال تفاعل تلك المكثفات مع مصادر تيار الموجات التوافقية وظهور حالات شاذة من الأداء كالرنين resonance.

2 - قد تكون نتائج الدراسة الاقتصادية لعملية تحسين معامل القدرة ليست في جانب التحسين الفردي للمحركات بسبب الاختلاف الكبير في أنواع ومقننات تلك المحركات وارتفاع أسعار وحدات المكثفات ذات المقننات الكبيرة.

3) أن التوصيل الفردي يؤدي إلي أن يعمل المحرك مع المكثف معا كوحدة واحدة وهذا قد يؤدي بدوره إلي تعريض تلك الوحدة (المكثف مع المحرك) إلي تجاوزات خطيرة في الجهد خلال لحظات معينة من التشغيل مما قد إلي

تدمير المحرك والمكثف معا ويحدث هذا عندما يكون المحرك والمكثف موصلين معا علي التوازي أثناء دوران المحرك وهما مفصولان عن مصدر التغذية كالحالات الآتية:

أ) فصل التغذية عن المحرك.

ب) تحويل بادئ الحركة من نجمة إلي دلتا.

ج) استعمل محول ذاتي لبدء الحركة.

د) عمل قاطع الدائرة أو انصهار المصهر.

نهتم بالإرشادات الآتية عند دراسة استخدام التوصيل الفردي للمكثف:

1- التحسين الفردي مناسبا لحالات التشغيل المستمر بحمل ثابت، وذلك لكل محرك علي حدة.

2- يفضل استعمال التحسين الفردي للمحرك الذي يعمل في فترات الذروة peak load علي الشبكة والذي يعمل لفترات طويلة حتى يكون عامل الاستفادة من المكثف مرتفعا.

3- ألا يتجاوز مقنن القدرة غير الفعالة للمكثف في التحسين الفردي 85% علي الأكثر من قيمة ك. ف. أ. اللاحملي no-load للمحرك وذلك لمحركات قفص السنجاب ولا يتعدى 90% في حالة محركات الحلقات المنزلقة slip - ring فاختيار مكثف أكبر من مقنن القدرة الكلية اللاحملي للمحرك يتسبب في رفع جهد المحرك في الفترات العابرة المذكورة سابقا.

تحدد المواصفات طريقتين لإختيار المكثف وهي:

أ) إلا يتعدى مقنن ك. فار للمكثف 90% من مقنن ك.ف.أ. اللا حملي للمحرك في كل الحالات.

ب) إلا يتعدى معامل القدرة عند كامل الحمل 98% متأخر بعد التحسين كأقصى حد مسموح به.

يعطي الجدول 6-8 القيم الموصي بها لمقننات المكثفات المستعملة في التحسين الفردي للمحركات بحيث ترفع معامل القدرة إلي 95% عند جميع حالات التحميل ويمكن استخدام هذا الجدول بثقة تامة للمحركات العادية وحتى قدرة 100 حصان ويجب التأكد من قيمة ك.ف.أ. اللا حملي للمحرك

وخصوصا للمحركات ذات التصميم الخاص كالمحركات المحكمة hermetic motors التي تحتاج إلي مكثفات ذات مقننات أكبر.

جدول 6-8(أ):مقننات مكثفات التحسين الفردي للمحركات الصغيرة

3000	1500	1000	750	600	500	القدرة H.P
مقنن المكثف لمحركات بسرعات مختلفة (لفة / ق)						
0.5	1	1	1.5	1.5	1.5	2.5
1	1.5	1.5	2.5	3	3	5
1.5	2	2.5	3	4	4	7.5
2.5	3	3	4	56	5	10
3	3	4	5	6	6	12.5
3	4	4	6	8	6	15
4	4	5	6	8	8	17.5
5	5	6	6	8	10	20
5	5	6	8	10	10	22.5
6	6	6	8	10	12	25
6	6	8	10	12	12	27.5
6	8	8	10	12	14	30
6	8	8	10	14	14	32.5
8	8	10	12	14	14	35
8	8	10	12	14	16	37.5
8	10	10	14	14	16	40
8	10	12	14	16	16	42.5
8	10	12	14	16	18	45
10	10	12	14	18	18	47.5
10	12	14	16	18	18	50
10	12	14	16	20	20	55
12	12	14	18	20	22	60

جدول 6-8(ب):مقننات مكثفات التحسين الفردي للمحركات الكبيرة

القدرة	مقنن المكثف لمحركات بسرعات مختلفة (لفة / ق)					
(H.P)	500	600	750	1000	1500	3000
85	28	24	22	20	18	14
90	30	26	24	22	20	16
95	30	28	24	24	20	16
100	32	28	26	24	22	18
105	32	30	26	24	22	18
110	34	30	28	26	24	18
115	34	32	28	26	24	20
120	36	32	28	26	26	20
125	36	34	30	28	26	22
130	38	34	30	28	26	22
135	38	34	30	28	28	24
140	40	36	32	30	28	24
145	40	36	32	30	28	26
150	42	36	32	30	28	26
155	44	38	34	30	30	26
160	46	38	34	32	30	28
165	48	40	36	32	30	28
170	48	40	36	32	32	30
175	50	42	38	34	32	30
180	50	44	38	34	34	30
185	52	44	38	34	34	30
190	52	46	40	36	34	32
195	54	46	42	36	34	32
200	54	46	44	36	36	32
205	56	48	44	38	36	32
210	58	48	46	38	36	34

4- لا يفضل اللجوء إلي التحسين الفردي في حالات المحركات التي تعمل علي أحمال متقطعة (كمحركات الأوناش مثلا)، ولا في حالات المحركات التي تتعرض لعمليات عكس الحركة. وإذا دعت الضرورة إلي استخدام التحسين الفردي في مثل تلك الحالات فيجب اختيار المكثف بحيث لا يتجاوز مقنن القدرة غير الفعالة لهذا المكثف مقنن القدرة اللازمة لتحسين معامل قدرة المحرك علي أساس أن هذا المحرك يعمل بصورة مستمرة من المعروف أن هذا المحرك يعمل بصورة مستمرة ومن المعروف أن مقنن القدرة المستمرة للمحرك أقل بكثير من مقنن قدرته المنقطعة ويجب الرجوع إلي مصنع المحركات في هذا الشأن.

5- يجب الاحتياط مع التحسين الفردي لمحركات ذات فرملة تعمل بفقد الجهد ويلزم استخدام نظام تحكم وفصل خاص يقوم بعزل المحرك والفرملة تماما عن المكثف في وضع السكون.

6- لا يفضل استخدام التحسين الفردي للمحركات ذات البادئ من نوع الحالة الجامدة **solid - state** ويمكن القول بصفة عامة أن وجود المكثف علي أطراف المحرك مباشرة يعرض جميع الأجهزة والدوائر الإلكترونية في دوائره التشغيل والتحكم للمحرك إلي تجاوزات في الجهد فوق احتمال تلك الأجهزة والإلكترونات مما يعرضها للتلف

7- لا يفضل استخدام التحسين الفردي للمحركات متعددة السرعة ويجب عند الضرورة مراعاة عدم توصيل المكثف مباشرة علي ملف السرعة المنخفضة بل يجب استخدام لمسات يتم ترتيبها بحيث يستخدم مكثف واحد لكل ملف سرعة

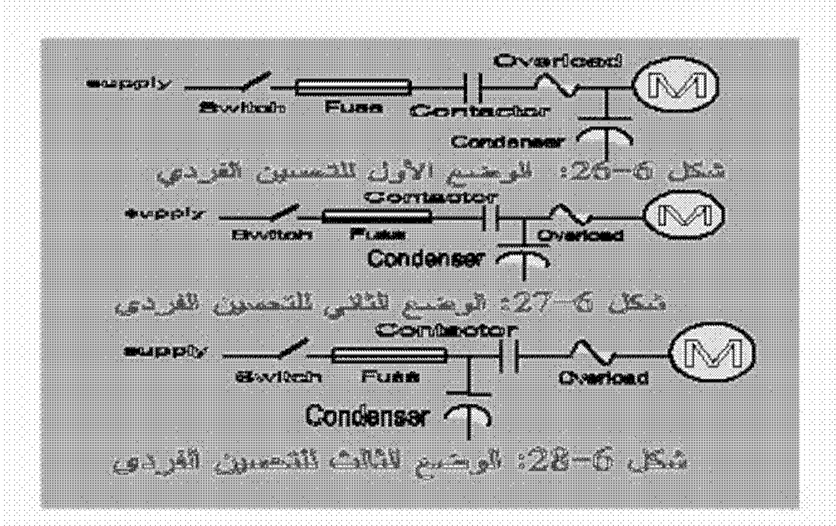
8- تجنب استخدام التحسين الفردي للمحركات التي تدير أحمالا ميكانيكية ذات عزم قصور ميكانيكي مرتفع قد تتسبب مثل تلك الأحمال في إدارة المحرك بعد فصل التخزين عن مما يعرضه لتجاوزات خطيرة في الجهد مع وجود المكثف متصلا علي أطرافه

9نظرا لاحتمال حدوث رنين بين المكثفات وبين مكونات الشبكة الأخرى بسبب وجود تيارات الموجات التوافقية فمن الضروري عمل دراسة تحليلية وهندسية دقيقة لمعرفة احتمال التناغم **tuning** بين المكثفات

الموزعة علي الشبكة وبين مصادر تيارات الموجات التوافقية التي تكون غالبا أجهزة إلكترونية فيجب عمل الترتيبات اللازمة لمنعه.

10- تتميز طريقة التحسين الفردي بكفاءة اعلي في حالات المحركات ذات السرعة البطيئة وكلما قلت سرعة المحرك كلما زادت فعالية المكثف في تحسين معامل القدرة.

لتحديد موقع مكثفات التحسين الفردي نحتاج إلي عددا من الضوابط نضعها في ما يلي:



شكل 6-26: الوضع الأول للتحسين الفردي

شكل 6-27: الوضع الثاني للتحسين الفردي

شكل 6-28: الوضع الثالث للتحسين الفردي

1- يوضع المكثف بين المحرك وبين متمم تجاوز الحمل ويؤدى هذا الوضع إلي:

أ) إعتماد حجم المكثف علي تيار مغنطة المحرك

ب) ينخفض التيار المار في بادئ الحركة وفي جهاز الحماية من تجاوز الحمل.

ج) يجب إعادة ضبط جهاز الحمية من تجاوز الحمل كما يأتي:

2- يوضع المكثف بين جهاز الحماية من تجاوز الحمل وبين بادئ الحركة كما يوضح الشكل

أ) يعتمد حجم المكثف علي تيار مغنطة الحركة

ب) يخفض تيار بادئ الحركة

ج) لا يتغير تيار جهاز حماية تجاوز الحمل ولا يحتاج الجهاز بذلك إلي عملية إعادة الضبط

3- يوضع المكثف قبل بادئ الحركة من ناحية مصدر التغذية كما في الشكل مما يؤدي إلي:

أ) لا يعتمد حجم المكثف علي تيار مغنطة المحرك

ب) لا يتغير تيار بادئ الحركة

ج) لا يتغير تيار جهاز تجاوز الحمل ولا يحتاج الجهاز بذلك إلي إعادة الضبط

هناك عددا من العيوب الخاصة بهذا السلوك من حيث التركيب المنفرد للمكثفات لكل محرك علي حدة نتيجة عدة مصاعب أو ظواهر غير مرغوب فيها عند استخدام طريقة التحسين الفردي للمحركات التأثيرية بالرغم من تواجد أكثر من موقع لتركيب مكثف التحسين لمعامل القدرة حيث من الممكن توصيل المكثف علي جانب الحمل بين المحرك وبادئ الحركة فيتم توصيل وفصل المكثف كوحدة واحدة ومن الوضع الأول للتحسين الفردي حيث يتم تركيب المكثف بين المحرك و جهاز الحماية (الشكل 6-26) إلي الوضع الثاني كما في الشكل رقم 6-27 فنجد التوصيل للمكثف المكثف بين جهاز الحماية والبادئ

أما في الوضع الثالث كما في الشكل(6-28) نري تركيب المكثف بين جهاز الحماية والبادئ، ومن أهم العيوب التي تؤثر في أداء الشبكة تأتي ثلاث محاور هي:

1- التيارات التوافقية

بالرغم من أن توصيل المكثف مع المحرك في عملية التحسين الفردي له ميزات عديدة إلا أن وجود عدة محركات حثيه متصلة علي قضبان توزيع واحد يزيد من احتمال حدوث رنين للتيار بين المكثفات علي اختلاف مقنناتها وبين محاثات أجهزة الشبكة المختلفة مع زيادة صعوبة تصميم

المرشحات filters الأزمة لظهور تلك الموجات التوافقية علي الشبكة.
توصي الخبرات والمواصفات العالمية لتجنب طريقة التحسين الفردي في حالة وجود عدد كبير من المحركات مع وجود مصادر للتيارات التوافقية حيث المواصفات تحدد:

أ) استخدام مكثفات توصل مباشرة علي قضيب التوزيع بدلا من توصيل كل مكثف علي محرك بصورة فردية وذلك في حالة وجود عدد كبير من المحركات متصلة علي قضيب التوزيع ، وذلك لخفض احتمال التفاعل بين السعة والمحاثة ولتسهيل عملية تصميم المرشحات

ب) حيث ما وجد العديد من المحركات أو الأجهزة التي تسحب تيارات توافقية فإن يصبح من الأفضل كثيرا استخدام تجميعه واحدة single bank من المكثفات توصل علي قضيب التوزيع.

ج) إن التطبيق السليم لاستخدام مكثفات القوي علي قضيب التوزيع مع وجود تيارات توافقية يتطلب تحليلا دقيقا لمنظومة القوي من أجل تجنب رنين الموجات التوافقية الذي قد يحدث بين المكثفات وبين محولات ومحاثات باقي الدائرة.

2- الإثارة الذاتية self - excitation

تجاوز الجهد نتيجة الإثارة الذاتية قد يحدث في عملية التحسين الفردي للمحركات بتوصيل المكثف علي التوازي مع المحرك علي مصدر التغذية حيث يختزن المحرك طاقة ميكانيكية أثناء عملية التشغيل العادي داخل أجزائه الدوارة بينما يختزن المكثف طاقة كهربية داخل مجاله الكهربي.
تنشأ ظاهرة الإثارة الذاتية عند فصل المحرك (مع المكثف) عن مصدر التغذية عند التشغيل علي اللاحمل، حيث يتم تبادل الطاقة الميكانيكية المختزنة داخل المحرك والطاقة الكهربية

شكل 6-29 : منحنى نمطي لمحرك حثي

المختزنة داخل المكثف معتمدا علي جهدهما الطرفي المشترك، وتسبب ظاهرة الإثارة الذاتية في رفع جهد أطراف المحرك والمكثف إذا كان مقتن المكثف أكبر من اللازم. يعتمد تيار المغنطة غير الفعال اللازم لتشغيل المحرك في حالة اللاحمل علي تصميم المحرك مقاومته ويتم تحديد ذلك بمنحنى مغنطة المحرك، حيث يعطي هذا المنحني العلاقة بين تيار المغنطة المطلوب والجهد الطرفي للمحرك في حالة اللاحمل وعند توصيل المكثف علي التوازي مع أطراف المحرك يصبح لهما نفس الجهد الطرفي، ويمر في المكثف تيارا غير فعال يعتمد علي مقدار الجهد علي أطراف المكثف - والعلاقة بين تيار المكثف بقدرة غير فعالة وجهده الطرفي هي خط مستقيم حيث يرتبطان معا، إذا اعتبرنا محركا جهده الطرفي 460 فولت بمنحنى المغنطة المبين بالشكل 6-29 فإن تيار المغنطة اللازم لتشغيل المحرك علي اللاحمل يساوي 18 أ ويصبح مقتن المكثف اللازم لتعويض القدرة غير الفعالة مساويا للكمية ($[3]^{½} \times 460 \times 18 / 1000 = 14.4$ ك. ف. أ. ر.).

يمكن بذلك تحديد الخط المستقيم المعبر عن أداء المكثف وتصبح نقطة تقاطع هذا الخط مع منحني مغنطة المحرك هي نقطة الأداء في حالة اللاحمل وإذا فصل المحرك والمكثف معا عن مصدر التغذية فإن الاثنين يصبح لهما نفس الجهد ولنفس المكثف 14.4 ك. ف. أ. ر. مع محرك آخر ولكن بمنحنى مغنطة مختلف (الشكل رقم 2-20) بجهد 460 ف. يسحب المحرك تيارا غير الفعل قدره 8 أ بينما يسحب المكثف تيارا غير الفعل متقدما مقداره 18 أ وعند فصلهما عن مصدر التغذية فإن المكثف يرفع مجال إثارة المحرك لحظيا إلي القيمة 680 ف والتي تتحدد بنقطة تقاطع منحني مغنطة المحرك مع الخط المستقيم الخاص بالمكثف.

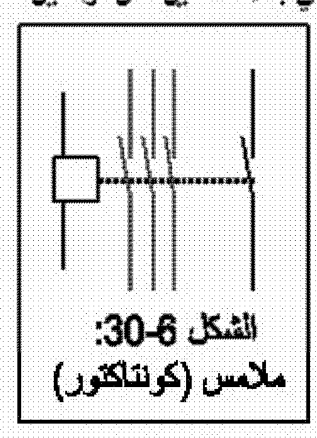
نلاحظ أن مصدر التغذية الذي انفصل عن المحرك والمكثف كان علي العمل علي جهد طرفي 460 ف، وفي لحظة انفصال المصدر كان يمر في المكثف تيار مقداره 18أ، وكان يمر في المحرك تيارا قيمته 8 أ، بينما أصبح الاثنان موصلين علي التوالي بدلا من التوصيل علي التوازي. إن هذا يؤدي إلي أن يفوغ المكثف الطاقة الزائدة داخلة في المحرك المتصل معه علي التوالي وهذا هو السبب الذي أدي إلي رفع الجهد الطرفي للمحرك لحظيا.

تعتمد قيمة تيار المغنط اللازم للمحرك التأثيرية علي تصميم المحرك نفسه ونظرا لأن المحركات الحديثة ذات الكفاءة العالية تعمل بتشبع أقل من المحركات التقليدية القديمة، فهي بذلك تحتاج إلي مكثفات ذات مقننات أقل لتحسين معامل قدرتها كما في الشكل (6-29)، حيث يحتاج المحرك وهو بذلك قد يحتاج إلي مكثف بمقنن قدرة غير فعالة 6 كيلو فار فقط (بدلا من 14.4 كيلو فار) لتعويض قدرة اللاحمل غير الفعالة دون التعرض لظاهرة الإثارة الذاتية .

استعمال الجداول الخاصة بالمحركات التقليدية لتعيين قيمة المكثف اللازم لتحسين معامل قدرة محرك مرتفع الكفاءة ذي تصميم حديث يؤدي إلي اختيار مقنن أكبر من اللازم مما ينتج عن تجاوز جهد المحرك المقنن في لحظات معينةوحدوث ظاهرة الإثارة الذاتية كما أن تجاوز الجهد الناتج عن ظاهرة الإثارة الذاتية لا يحدث عادة بسبب الحمل الميكانيكي.

3- التيارات البادئة Starting Currents

يحدث عموما مع المحركات تيارات عالية في بدء التشغيل مثل توصيل المحول وما ينتج عنه من التيار المندفع الذائد excessive inrush current عند بداية توصيله مع الشبكة أو وضع جهد عليه وكذلك العزم العابر transient torque للمحركات نتيجة لإعادة قفل الأطوار reclosing وكلها من الخصائص الفنية التي تحدد صفات المحركات ككل والمحركات التأثيرية بشكل خاص وهي تتبع الصفات الأصلية وهو ما يبتعد عن الغرض من هذا الشرح بل لزم التنويه لأنه يعطي مؤشرا لضرورة تحسين معامل القدرة ووضع هذه الخصائص في الاعتبار عند تصميم الدوائر الكهربية الخاصة بتشغيلها، وهذه التيارات هامة في حالة الورش المدرسية (الصناعية أيضا) حيث تدريب الطلاب وإجراء عمليات الفصل والتوصيل المتكررة مما يزيد من أهمية التيارات البادئة في شبكات الورش



الشكل 6-30: ملامس (كونتاكتور)

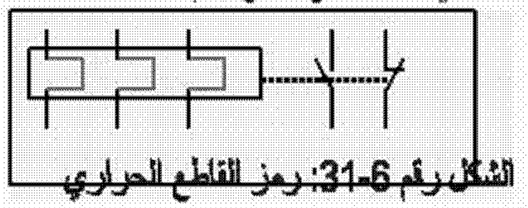
بالمدارس الفنية والصناعية وعنابر الانتاج وهو ما يحتاج إلي اهتمام بالملامسات المستخدمة في دوائر التشغيل من خلال مفتاح الإيقاف والتوصيل وهو ما نجده من الملامسات والتي تتكون من قلب ثابت حوله السلك المعزول كملف ليجذب حافظة معدنية لتكمل توصيلات دائرة أخرى (الشكل رقم 6-30) وهو هام ومستخدم في دوائر الوقاية من تجاوز الحمل (الشكل 6-31).

6-4: الطاقة الحديثة في الصناعة New Energy

تحاول كافة الدول التحول عن إستخدام البترول والفحم كوقود تقليدي ذلك لأن إحتياطي العالم منه يتناقص بصورة دورية مما جعل النظر إلي طاقات جديدية أو توليد طاقات ذات طابع مغاير أمرا هاما ويبذل العلماء والمتخصصون في كافة أرجاء المعمورة الجهد كي نصل إلي طقات تيسر من حياة الإنسان ومنها تلك الطاقة الجديدة والمتجددة وغيرها من الطاقات الكامنة مثل النووية وغير ذلك ولهذا نعرض أبسطها.

أولا: الطاقة الشمسية Solar Energy

دخلت الطاقة الشمسية في النصف الثاني من القرن الماضي مجالا جيدا للتطبيق والإستغلال وقد قامت الحركة الفضائية البحثية والتطبيقية عليها وما زالت تعتمد عليها كلية في هذا الصدد ولذلك نأخذ أحد الأمثلة النافعة في هذا المجال خصوصا وأننا في مصر نتمتع بمناخ أنعم الله علينا به لنستفيد به منطقة الشرق الأوسط بوفرة الطاقة الشمسية ولفترات طويلة في اليوم الواحد وكذلك على مدار العام بأكمله ،



الشكل رقم 6-31: رمز القاطع الحراري

ونتناول منها عددا من الإستخدامات كما هو آت.

الأول: السخانات الشمسية Solar Heaters

تتكون السخانات الشمسية بصفة عامة من سطح امتصاص الأشعة الشمسية وقنوات سريان وسيط التسخين وعوازل حرارية لمنع تسرب الحرارة المكتسبة في وسط التسخين ألى الوسط المحيط ، وسوف نتحدث عن هذه المكونات باختصار شديد في السطور التالية.

1- سطح الامتصاص Surface

يصنع سطح الامتصاص في الغالب من معدن مطلي بألوان داكنة وذلك لزيادة معدل امتصاص الحرارة (الأشعة الشمسية) حيث تتميز الألوان الداكنة بمعدل عال الامتصاص الأشعة الشمسية يصل إلى 98% ولكن يعاب على الألوان الداكنة قابليتها الشديدة لفقد الحرارة بطريقة الإشعاع حيث يصل ذلك المعدل إلى 90% بعبارة أخرى فإن السطح الماص الداكن قادر على امتصاص ما نسبته 98% من الطاقة الساقطة عليه ولكنه سيعيد إشعاع ما نسبته 90% من الطاقة المكتسبة لتصبح الاستفادة النهائيةمن جزء صغير فقط من الطاقة الشمسية الساقطة على السخان بينما تضيع النسبة الكبيرة سدى, من أجل ذلك تستخدم أنواع خاصة من الطلاء ذات معدل امتصاص على ومعدل إشعاع منخفض مثل الطلاءات الانتقائية (Selective Coatings) ومن أمثلة هذه الطلاءات أكاسيد الكروم والكوبالت.

2- قنوات سريان وسيط التسخين

تصنع هذه القنوات عادة من معادن مثل النحاس والفولاذ أو من المطاط وهي تختلف من تطبيق إلى آخر باختلاف نوع الوسيط وكذلك باختلاف مادة سطح الامتصاص ، فهناك قنوات مستطيلة ذات مساحات كبيرة (10× 15 سم) لتسخين الهواء. وهناك قنوات دائرية ذات أقطار صغيرة (أنابيب أقطار بحدود 1 سم) لتسخين السوائل.

3- العازل الحراري Thermal Insulation

عندما ترتفع درجة الحرارة داخل السخانات بالمقارنة مع الهواء المحيط بها يصبح هناك إمكانية لفقد هذه الحرارة مرة أخرى بالتوصيل وذلك عن طريق جوانب السخان والجهة السفلية منه، وبالحمل والإشعاع عن طريق الغلاف الزجاجي، وعليه يجب الاستعانة بمواد ووسائل خاصة للحد من هذه المفاقيد الحرارية حسب نوعية الفقد وذلك على النحو التالي:

أ) الفقد بالتوصيل: ويمكن الحد منه بإحاطة جوانب وأسفل الماص وأنابيب التسخين بمواد خاصة ذات توصيلية حرارية متدنية مثل الصوف الزجاجي الألياف الزجاجية والبولي ستيرين.

ب) الفقد بالحمل : ويمكن الحد منه بسحب الهواء الموجود بين الأغطية الزجاجية أو عن طريقوضع أنابيب التسخين مع السطح الماص داخل أنابيب زجاجية مفرغة من الهواء.

ج) الفقد الإشعاع: يمكن الحد منه باستخدام أغلفة زجاجية معتمة منفذة للأشعة القصيرة من الشمس بحيث تمنع انعكاس الأشعة ذات الموجات الطويلة الصادرة من السطح الماص.

4-آلية عمل السخانات Performance

آلية عمل السخانات تتم عن طريق إمتصاص السطح الماص لأشعة الشمس الساقطة عليه فترتفع درجة حرارته ، ويتبع ذلك ارتفاعا في درجة حرارة المائع المار في أنابيب التسخين وللتبسيط نطرح طريقة عمل السخانات الشمسية في ثلاثة نقاط هي:

أ- آلية التسخين Heating

عندما تسقط الأشعة المباشرة أو غير المباشرة على السطح الماص فإن درجة حرارته ترتفع مقارنة بدرجة حرارة المائع المار في الأنابيب فيحدث فرق في درجة الحرارة ينتج عنه انتقال الحرارة العالية (فيما بين الأنابيب) إلى مناطق سريان المائع ذات الحرارة المنخفضة وبالتالي ترتفع درجة حرارة المائع بين أجزاء من الدرجة إلى عشرات الدرجات المئوية تبعاً لمقدار الإشعاع الشمسي ومعدل السريان داخل أنابيب التسخين .

ب- السريان داخل السخان Heat Flow

يدخل المائع البارد نسبياً إلى أنبوب التوزيع في أسفل السخان (سخانات ذات سريان متوازي) ومن هذا الأنبوب يتوزع المائع على أنابيب موازية صاعدة وذات أقطار صغيرة ومن ثم يجمع في أنبوب التجميع الرئيسي بأعلى السخان حيث يدفع المائع الساخن نسبياً إلى خارج السخان. أما في حالة السريان المتصل فيدخل المائع إلى أنبوب التسخين الذي يغطي أغلب مساحة السطح الماص – لأنه مصنع بشكل متعرج – فيتحرك الماء يميناً

وشمالاً في اتجاه تصاعدي حتى يخرج من أعلى السخان بدون أن يكون هناك أي تفريغ للمائع أو تغيير في الأقطار.

ج- آلية الدفع

إنها الوسيلة التي يتم بواسطتها نقل المائع الساخن من السخان إلى الخزان ونقل المائع البارد من الخزان إلى السخان وتحريك المائع داخل السخان وتنقسم آلية الدفع إلى نظامين هما:

1- النظام الطبيعي

يمتاز نظام السريان الطبيعي ببساطته ورخص تكاليفه ، فهو يعتمد على المبدأ الفيزيائي الحراري القائل بأن أي ارتفاع في درجة حرارة المائع يتبعه انخفاض في كثافته ، ولتطبيق هذا المبدأ في أنظمة التسخين يجب أن يكون أدنى مستوى في الخزان يوازي أو يعلو عن أعلى مستوى في السخان. عند دخول المائع إلى السخان بدرجة حرارة معينة فإنه يمتص الحرارة من السطح الماص لترتفع درجة حرارته كما ذكر آنفاً ، ويتبع ذلك انخفاض في لكثافة، أي أن وزن المائع بالنسبة لوحدة الحجم سيقل وبالتالي فإن كل وحدة حجميه من المائع داخل السخان ستكون أخف من الوحدة الحجميه عند نفس المستوى خارج السخان (داخل الأنبوب الذي يصل مدخل السخان بالخزان) وينتج عن هذا الفرق استمرار صعود المائع داخل السخان باكتسابه للحرارة ودخول المائع البارد القادم من الخزان. بالطبع سيكون هناك وسيلة لمنع انعكاس اتجاه الدورة في الليل أو عند انعدام الإشعاع الشمسي لأن انعكاس الاتجاه يعني زيادة في معدل الفقد الحراري من نظام التسخين.

2- نظام السريان القسري

نظراً لصعوبة تركيب الخزانات فوق مستوى السخانات لكونها خزانات مركزية (أي أن كل وحدة سكنية أو صناعية بها خزان واحد لتجميع الموائع ذات درجة الحرارة العالية لتقليل الفواقد الحرارية) وذلك لاعتبارات الوزن (وللاعتبارات الجمالية) فإن المبدأ الذي يقوم عليه السريان الطبيعي سيختل وبالتالي يستعان بمضخة تقوم بتدوير المائع بين الخزان والسخان خلال فترات توفير الإشعاع الشمسي وحتى لا تستمر الدورة في الليل عند انخفاض أو انعدام الإشعاع الشمسي يضاف مجس

يقوم باستشعار درجة حرارة الخزان وآخر باستشعار درجة حرارة المائع الخارج من السخان ووحدة تحكم تفاضلية مهمتها إيقاف المضخة عندما تكون حرارة الخزان بمقدار يتجاوز الفقد في أنابيب التوصيل بين الخزان والسخان.

الثاني: الطباخات الشمسية Solar Cookers

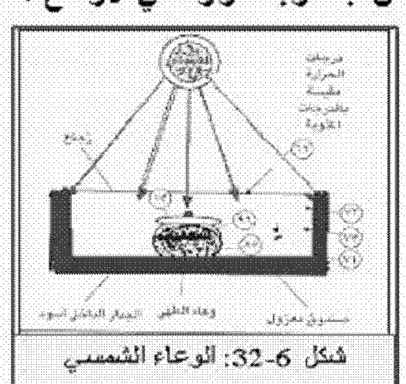
كان استخدام حرارة الشمس المباشرة من أهم الحلول التي طرحت لاستغلالها في الطهي لقلة تكاليفها ووفرتها وسهولة الحصول عليها، وقد أدى ذلك إلى تطوير الطباخات الشمسية، ويعد هذا الاستخدام من أبسط استخدامات الطاقة الشمسية خاصة في المجتمعات التي تتوفر فيها هذه الطاقة مثل المملكة العربية السعودية وغيرها من البلدان التي حباها الله بنعمة الشمس المشرقة في أغلب الأوقات مثل مصر.

1- أسس الطبخ الشمسي Scientific Base

يعتمد الأساس العملي للطبخ الشمسي على الاستفادة من مبدأ الاحتباس الحراري الناجم عن سقوط الإشعاع الشمسي وانعكاسه داخل صندوق معزول حرارياً من جميع جوانبه عدا الجانب الأعلى المغطى بلوح من الزجاج أو البلاستيك الشفاف، مع طلاء أسطحه الداخلية بلون داكن غير لامع ليقوم بامتصاص أكبر قدر ممكن من الحرارة اعتماداً على نظرية بلانك للأجسام الداكنة. عند سقوط أشعة الشمس على السطح الزجاجي فإن الموجات القصيرة تنفذ إلى داخل الصندوق أما الموجات الطويلة فإن جزء كبير منها ينعكس إلى الخارج وبما أن الموجات الطويلة ليست ذات طاقة عالية مقارنة بالموجات القصيرة فإن الفاقد بالانعكاس يعد ضئيلاً . بذلك فإن الأشعة الممتصة بوساطة السطح الداكن تتحول إلى طاقة حرارية ترفع درجة الحرارة داخل الصندوق ويساعد وجود العازل الحراري للصندوق على احتفاظه بقدر كبير من الطاقة. أما الغطاء الزجاجي وبالرغم من أنه يساعد على فقد جزء من الطاقة إلى الخارج عن طريق الانكسار إلا أنه يعمل على انعكاس الطاقة إلى داخل الصندوق (الاحتباس الحراري)، مثل درجة الحرارة داخل السيارة المعرضة للشمس، وذلك لان حرارة الشمس عندما تنفذ مخترقة زجاج السيارة فإنها تنحبس في الداخل عن طريق الانعكاس.

2- الطباخ الشمسي البسيط Simple

يتكون الطباخ الشمسي البسيط من صندوق معزول عزلاً جيداً من جميع وجوهه الخمسة ويغطى وجهه السادس – المواجه للشمس – بلوح من الزجاج وشكل 6-32 يوضح وعاء الطهي وما فيه من طعام داخل الصندوق وعند تعريضه لأشعة الشمس تبدأ درجة حرارته في الارتفاع ، وتبعا لذلك تأخذ درجة حرارة الوعاء في الارتفاع حتى تصل إلى درجة الطهي المناسبة لنوع الطعام الموجود في الوعاء ومما يجدر ذكره أن درجة الحرارة في الوعاء تكون دائماً اكبر من درجة الحرارة على جدران الصندوق وذلك بسبب ظاهرة الانحباس الحراري تشير البيانات الموضحة في الشكل إلى أن درجة حرارة الجزء الأعلى من الوعاء أكبر من درجة حرارة الجزء الأوسط والأسفل.



شكل 6-32: الوعاء الشمسي

يختلف الوقت اللازم لإنضاج الطعام تبعاً لنوعه ، فمثلاً يحتاج إنضاج الأرز إلى حدود الساعتين واللحم إلى ثلاث ساعات ، أما قطع اللحم الكبيرة وأنواع المرق والحبوب فقد تستغرق ست ساعات . يمكن التحكم إلى حد ما بدرجات الحرارة في الطباخات الشمسية فعندما نريد الحصول درجة الحرارة القصوى فإنه يجب وضع الطباخ في موجهة الشمس تماما، أما عند ما نريد الحصول على درجات حرارة أقل، وذلك للمحافظة على درجات حرارة أقل من أجل للمحافظة على سخونة الطعام فقط ، فإنه يجب وضع الطباخ بشكل منحرف عن مجال الشمسي وبالتالي لا تسقط الأشعة عمودية على الطباخ فتنخفض درجة حرارته.

يشترط عند استخدام هذا النوع من الطباخات أن تكون الشمس عمودية على الوجه العلوي الشفاف من الطباخ الشمسي، ويكون ذلك عادة وسط النهار، وللتغلب على القصور تم تطوير عدة أنواع من الطباخات الشمسية البسيطة منها ما يلي:

أ) الطباخ ذو المرآة الوحدة Single Mirror

توضح الصورة في الشكل رقم 6-33 الطباخ الشمسي ذو مرآ ة واحدة تتيح له العمل دون الاعتماد على الزاوية التي تسقط بها أشعة الشمس وليس بالضرورة أن تكون الأشعة عمودية، ولكن يجب فقط أن تنعكس أشعتها من المرآة إلى صندوق الطباخ وقد زودت المرآة بذراع يمكن بوساطته تغيير زاوية ميل المرآة مع تتابع فصول السنة حتى يتم عكس الأشعة الشمسية في كل الأوقات إلى الصندوق بأعلى كفاءة، أي أن هناك متابعة فصلية سواء كان في الشتاء أو الربيع، الصيف أم الخريف. كما زود الطباخ كذلك بجهاز يمكنه من متابعة الشمس أثناء اليوم الواحد وذلك بالدوران حول محوره الرأسي لكي يستقبل الشمس مع حركتها الدائبة فوقه، ومن عيوب هذا النوع من الطباخات الشمسية ضرورة تحريك المرآة مما يمثل عبئاً في استخدام هذا النوع.



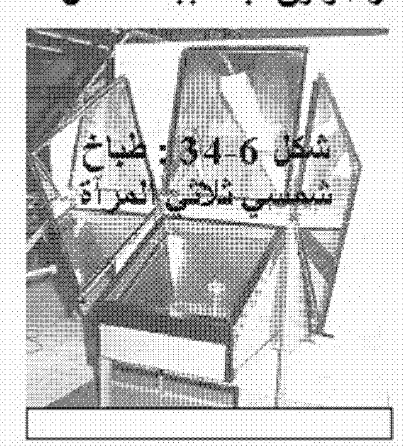
شكل 6-33 : طباخ شمسي بمرآة واحدة

ب) الطباخ متعدد المرايا Multi Mirror

تبين الصورة في الشكل رقم 6-34 الطباخ الشمسي ذو ثلاث مرايا يتم ضبطها لاستقبال أشعة الشمس من الشروق إلى الغروب بأن يتم متابعة الشمس طوال النهار دون الحاجة إلى تعديل وضع الطباخ نفسه ولكي تعطي المرايا أفضل النتائج نحتاج إلى دراسات ميدانية لتحديد أنسب الأوضاع، لأنه لا يوجد طرق حسابية (نظرية) يمكن تطبيقها، كما يجب مراعاة اختلاف الأوضاع من فصل إلى آخر. مع أن هذا التصميم حل إحدى المشاكل المهمة في الطباخات الشمسية البسيطة وهي متابعة الشمس، إلا انه لم يستطع توفير درجات الحرارة العالية اللازمة لإنضاج أنواع معينة من الطعام، ولم ينقذ من مشكلة تعرض المستخدم لحرارة الشمس.

ثانيا: الأشعة الضوئية Optical

تتنوع الأشعة الضوئية إلي قطاعين هما الأشعة المرئية وتلك غير المرئية حيث الحدود الموجية للأشعة دون الحمراء وفوق البنفسجية . أما عن المرئية فقد سبق الحديث عنها وهنا نتطرق إلي تلك الأشعة غير المرئية وتلك التي لها علاقة بالتطبيقات العلمية والصناعية العديدة ونعرف من هذه الأشعة أشعة إكس وأشعة ألفا وأشعة بيتا وجاما ومؤخرا أشعة الليزر حيث أنه بعد الحرب العالمية الثانية حاول عددا من العلماء اكتشاف أشعة الليزر وآخرهم كان العالم (تاونس) الذى استطاع مع مجموعة أخرى كانت تعمل فى الاتحاد السوفيتى بصورة منفصلة عنه بوضع الأساس لفكرة أشعة الليزر عن طريق استعمال مرآتين عاكستين فى الأطراف مع وجود الوسط الفعال بينهما (Fabry perot in teromete). أشعة الليزر قدمت الكثير من التطبيقات نتيجة التأثيرات المتنوعة لها في الحياة المعاصرة في مختلف القطاعات مما يجعلنا أن نقدم بعضا من الصفات الهامة لها في محاور.



شكل 6-34 : طباخ شمسي ثلاثي المرآة

5-6: المواصفات الفنية للأشعة Specification

قبل التعرف على الليزر وتطبيقاتها فى المجالات العلمية والطبية والصناعية يجب معرفة أصل مصطلح الليزر حيث أنه لا يعطى معنى واضحا باللغة العربية فالكلمة (Laser) مأخوذة عن الإنجليزية لفظا مأخوذة من الحروف الأولى لكلمات: *(Light amplification by stimulated emission of radiation)* بمعنى " تضخيم الضوء

بواسطة الانبعاث المحفز للأشعة " من أهم خصائص هذه الأشعة ما يرد في السطور التالية:

أولا : الخصائص العلمية Scientific Characteristics

الخصائص العلمية لهذه الأشعة تحتوي الكثير من النوعيات ولكننا هنا نحصر أهم ما يهمنا من الجهة الهندسية ولذلك نضع عددا محدودا من هذه الخصائص فيما يلي:

1- التوافقية

توصف الحزمة الضوئية بخواصها الاتجاهية فيقال أنها متوافقة في اتجاهها وتتصف بضيق العرض الطيفى (عالية التركيز). ذلك أن المصدر الضوئي يشع الضوء في جميع الإتجاهات بينما يمكن تضييق زاوية الإنتشار الضوئي الليزري إلي حد كبير وبالتالي تكون الأشعة الصادرة متوازية ومن ثم تكون ذات تركيز عالي، ومن هنا تظهر الفروق الجوهرية بين الأشعة العادية وأشعة الليزر.

2- الشدة

إن معدل الفوتونات الحرارية المتحررة من مصدر ضوء حرارى في الثانية مهما كان حجمه أصغر بكثير من أى فوتونات خارجة من أصغر مولد ليزرى، مما يعلن بجلاء عن قوة مصدر الطاقة بأشعة الليزر وذلك نتيجة تركيز الأشعة داخل نطاق ضيق جدا.

3- الاتجاهية

يشع مولد الليزر ضوءا على شكل حزمة واحدة متوازية ومن الممكن توحيد الاشعاعات بشكل دقيق بينما المصدر الضوئى الحرارى العادي يشع ضوءه فى كافة الاتجاهات (360° فراغية).

4- النصوع ودرجة الحرارة المنكافئة

المولد ليزرى هو بمثابة مصدر إشعاع حرارى فائق الطاقة الحرارية ولا يضاهيه أي مصدر ضوء حرارى آخر ولذلك يستفاد من هذه الظاهرة ويتم استخدام الليزر فى اللحام خاصة في الأماكن الحساسة والهامة، وهذا يعنى النصوع أي مقدار قدره الخرج (output) لكل زاوية مجسمة لكل هرتز عرض طيفى.

المحور الأول: مجالات الإستخدام Utilization

من الناحية الحسابية تقاس شدة الأشعة بمقدار القدرة المتولدة والمتاحة لوحدة المساحة السطحية للخمة الضوئية وعندما نجعل الأشعة دقيقة للحصول على كثافة قدره كبيرة عند تركيز الأشعة على الأسطح التى تعترضها فعادة نفترض فيها توزيعا منتظما ومتساويا في الشدة في مدى الأشعة طولا وعرضا داخل المجسم الشعاعي، ومنذ اكتشاف الليزر عام 1960 وأجهزة الليزر تفرض نفسها فى العديد من التكنولوجيا والتطبيقات المختلفة، ونتناولها إيجازا:

التطبيق الأول: المجالات الهندسية Engineering Fields

علي وجه العموم جميع التطبيقات بكافة أنواعها ومجالاتها تقع جميعا تحت مظلة التخصص الهندسي فمثلا تلك التطبيقات العسكرية والطبية السابق ذكرهما ما هما إلا تطبيقات هندسية بحتة، هذا ونشير هنا إلي التكنولوجيات الهندسية كأساس للتكنولوجيا والبيئة من الإستخدامات الإتصالية ومجال تكنولوجيا الحاسبات الإلكترونية وغيرهم الكثير ونعطي مثالا للقياسات الدقيقة وهي تتباين فى نطاق واسع منها:

أولا: القياسات الدقيقة Measurements

أ) قياسات المسافة الأرضية أو الفضائية
ب) قياسات المساحة
ج) قياسات الأعماق
د) قياسات السرعة الخطية أوالدورانية
هـ) قياسات التلوث البيئي

لا يتوقف التطبيق عند هذا الحد بل هناك البدائل والتطبيقات المتنامية بصفة دائمة.

ثانيا: تكنولوجيا المعلومات Information Technology

تتباين في نطاق واسع تقنيات التعامل مع تخصص المعلومات ولعل من أبرز السمات التى يتميز بها عصرنا على العصور السابقة هو النمو المضطرد للعلم والتكنولوجيا والكم الهائل من المعلومات والبيانات التى يضطلع بها الباحثون والعلماء فى شتى ميادين العلم والمعرفة، وقد أظهرت أجهزة الليزر جدواها فى هذا الصدد إذ تم استخدامها بنجاح فى تدوين البيانات على أشرطة وأقراص التخزين البصرية ويرجع ذلك النجاح

بالدرجة الأولى إلى ما يتمتع به الليزر من شدة ترابط وثبات في الطول الموجي هذا وقد أظهرت طريقة تخزين البيانات على الأقراص البصرية تفوقا كبيرا على أساليب التخزين العادية السابقة والتي من أهمها الأقراص المغناطيسية ففي حين تراوح سعة تخزين الأقراص المغناطيسية الألف والمليون بايت، تصل سعة تخزين الأقراص البصرية ذات الحجم المماثل إلى آلاف مليون بايت حيث تسلط أشعة الليزر على موضع معين على سطح قرص بصرى يدور بسرعة ويغطى سطح القرص بمادة ذات خصائص انعكاس بصرية قابلة للتغيير بسرعة عند تعرضها لأشعة الليزر شديدة الكثافة وتظهر البيانات على القرص تبعا للطريقة السابقة على هيئة آثار متتابعة متباينة الانعكاسية تبدو عادة إما على شكل ثقوب أو على شكل فقاعات على سطح القرص CD.

على الرغم مما تتميز به هذه العملية من سرعة وكفاءة إلا أنها تسمح باستعمال قرص التخزين مرة واحدة فقط على الجانب الآخر فإن من المتاح محو البيانات المدونة وإعادة تدوين غيرها ولكنها تقنية مازالت عالية التكلفة لدرجة أن أنتاجها الحالي قد يصل واحد لكل مليون من النوع الأول (اي التسجيل لمرة واحدة فقط) ولكنها متاحة في الأسواق بالأسعار الباهظة حتى الآن. كما يقوم القمر الصناعى بإطلاق كتلة الليزر على مركبة فضائية قريبة منه وعند اصطدام المركبة بالليزر فإنها تقذف في الفضاء وقد يظن المرء أن هذا النوع من الصراع بين المجرات بالليزر ولكنه في الحقيقة جزء من البرنامج الجديد لدفع الصواريخ.

ثالثا: هندسة الإلكترونيات والإتصالات Communication

شهدت تكنولوجيا نقل المعلومات ونظمها في الأونة الأخيرة تحولا جذريا من مرحلة استخدام أجهزة الاتصال الإلكتروني والكهربائي التقليدى إلى وسائل أكثر تطورا وكفاءة مثل الوسائل البصرية (ألياف بصرية) ويؤول الفضل إلى المزاوجة التي تمت بين تكنولوجيا الليزر من جهة وبين علم الليزر أداءاً مدهشاً وقدرة هائلة على نقل البيانات والمعلومات عبر الألياف البصرية لمسافات طويلة ولعل ذلك يرجع إلى ما يتمتع به الليزر من شدة وثبات في الطول الموجي تساهم هذه التكنولوجيا الواعدة في حل العديد

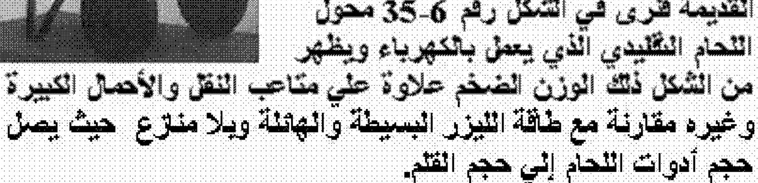
من المشاكل التى تعانى منها وسائل الاتصالات الحالية وعلى رأسها مشكلة ازدحام خطوط الكابلات كما سيكون بالإمكان تبادل معلوماتي هائل من حيث الكم بتكاليف منخفضة جدا. علي الجانب الثاني نجد أن تقدم الحاسبات قد دفع هذا المجال قدما ودخل في العديد من أجزائه مما تسبب في نهضه سريعة لم تكن متوقعة من قبل.

رابعا: الهندسة الصناعية Industrial

تستند التطبيقات الصناعية على استغلال القابلية الحرارية الكامنة في أشعة الليزر ، وتشمل القص المعدني واللحام للحديد وغيره من المعادن والنقش والتثقيب وكذلك الصهر وعمليات الخراطة والتجفيف والتبخير وصقل المعادن والاستئصال أو الإزالة ونتناول بعضا منها:

أ) اللحام

يمكن لحام قطعة فولاذية سمكها 1- 4 سم باستخدام أشعة الليزر وكذلك نقاط دقيقة تقع بجوار مناطق شديدة الحساسية للحرارة دون أن تسبب ضررا ، كما يمكن بواسطة الليزر لحام مناطق يتعذر الوصول إليها بطرق اللحام التقليدية كذلك يمكن بواسطته لحام قطعتين معدنيتين ذات طبيعة مختلفة دون أن يؤثر ذلك على ما يحيط بهاتين القطعتين من معادن علي عكس الطق التقليدية القديمة، وهو ما يميز أشعة الليزر في هذا الصدد عن الطرق القديمة فنرى في الشكل رقم 6-35 محول اللحام التقليدي الذي يعمل بالكهرباء ويظهر من الشكل ذلك الوزن الضخم علاوة علي متاعب النقل والأحمال الكبيرة وغيره مقارنة مع طاقة الليزر البسيطة والهائلة وبلا منازع حيث يصل حجم أدوات اللحام إلي حجم القلم.



ب) هندسة التشكيل

تتباين هذه التطبيقات نوعا ومجالا ومنها:

1- فتح الثقوب

حيث يستطيع جهـاز الليزر أن يرسل حزمة أشعـة على شكل نبضات يبلغ أمد النبضة 1: 1000 فى الثانية وتقارب طاقتها جول . كما أنها تتسم بدقة نعومة السطح المثقوب.

2- القص

تقوم أجهزة الليزر فى عملية القص بإرسال أشعتها على شكل نبضات ويتم تعديل تردد هذه النبضات لتشكل سلسلة من الثقوب المتداخلة جزئيا مما ينتج عنها خطا متثلا مثقوبا بدلا من الثقب الواحد ، وهو أسرع وأدق من الأساليب المعتادة السابقة.

3- النحت

النحت يعني إزالة الطبقات السطحية وتشكيلها تبعا للحاجة ولذلك يستخدم هذا الأسلوب في التخلص من الطبقات السطحية الملونة في الخرسانة علي سبيل المثال وأيضا العديد من التطبيقات الهامة والتي قد تكون مكلفة أو مستحيلة في أحيان أخرى.

4- التنظيف الصناعى

إستغلالا للقدرة الفائقة وبدقة لهذه الأشعة علي إزالة أو تنظيف الأسطح المختلفة أدي إلي تطبيقات هامة مثل إزالة الجزيئات أو الطبقات السطحية بإشعاع الليزر النابض (التنظيف الصناعى) كما يمكن التخلص من النتوءات علي الأسطح وتحويلها إلي ملساء بسهولة، ويعتمدذلك على طول النبضة الإشعاعية.

5- صناعة الملابس

دخل الليزر في ميدان تفصيل الملابس فقد استخدم في مصانع صناعة الملابس حيث الشعاع بلون أبيض مائل إلي الزرقة يوجه حاسب إلكترونى لقص الأقمشة بسرعة 36 بوصة / ث وبدقة بالغة، وهذا الأسلوب أدى إلى خفض التالف من الأقمشة بنسب تتراوح بين 10 : 100 % عن التالف نتيجة القص اليدوى .

خامسا: الهندسة العسكريـــة Military

جدير بالذكر أن التطبيقات الهامة في بقية المجالات مثل العسكرية لا تقل عن التطبيقات الصناعية أهمية وتشمل النواحي المختلفة مثل الأهداف الدفاعية – والصناعات الحربية الحرارية ووسائل الإتصالات والرادار

والتحكم الآلي للمعدات وكذلك عند الحدود الولية الخلافية أو في مكافحة الألغام أثناء وبعد الحروب والكثير غير ذلك. أن النظام الواحد لأشعة الليزر يمكنه من تشغيل إشارات مرورية قد تصل إلي 500 تقاطع بين الشوارع دون حدوث خطأ أو التوقف عن العمل ولهذا بدأت استغلال هذه الأشعة في تطوير الأسلحة الحربية ثم انتقلت إلي مجالات الأسلحة في إنتاج الصواريخ العابرة للقارات ثم إنتاج الأسلحة التي تعتمد على الأسلحة الليزرية ثم الأسلحة الجزئية.

التطبيق الثاني: المجالات الزراعية Agriculture

أدى استخدام أجهزة الليزر بأنواعها المختلفة فى التقنيات الزراعية إلى إدخال العديد من التحسينات على هذه التقنيات والارتقاء بها مما كان له الأثر الأكبر فى زيادة كفاءة إنتاجها فقد لوحظ أن الاستعانة بأجهزة الليزر فى هذه التطبيقات يؤدى في النهاية إلى إدخال ملحوظ فى كمية الماء المستخدم لأغراض الرى كما يؤدى إلى زيادة إنتاجية المحصول، وفيما يلى أمثلة بسيطة عن استخدامات الليزر فى الزراعة.

أ) زراعة الأرز

من المعروف أن محصول الأرز يتطلب فى إحدى مراحل زراعته غمره بالمياه، ولهذا يقوم المزارعون بتشييد السدود حول الأرز المزروع على ارتفاعات معينة وفقا لخطوط ملائمة حصر مياه الرى وتتطلب عملية إقامة السدود دقة فى العمل لتجنب هدر مياه طائلة. وتتم عملية إنشاء السدود على مرحلتين متلازمتين ففي الأولى يقوم جرار مزود بجهاز مسح ليزرى بتحديد الارتفاعات بدقة ورسم الخطوط الملائمة عن طريق خطاف مثبت خلف الجرار وفى المرحلة الثانية يقوم جرار آخر بتتبع آثار الجرار الأول وإقامة السدود لتحوى القدر المناسب من المياه ويغمر المحصول بالمياه دون زيادة أو نقصان.

ب) تسوية الأرض

هنا يستخدم نوعان من أجهزة الليزر أحدهما ثابت ومثبت على حامل ويقوم هذا الجهاز ببث أشعة مرئية على شكل مستوى من الضوء المتعامد من الشعاع الأصلى وتمتد هذه الأشعة لمسافة 70 فدان، أما الجهاز الآخر فمثبت على المقلبة (البلدوزر) وعن طريق مراقبة مستوى الأشعة المنبعثة

من جهاز الليزر الأول وقراءة إشارات جهاز المسح الليزرى ويباشر السائق فى عملية تسوية الأرض بسرعة ودقة، وهكذا نجد أن استخدام الليزر يلغى الحاجة إلى الاستعانة بأدوات المسح والقياس التقليدية باهظة التكلفة.

ج) تصريف مياه الأمطار

من أبرز مصاعب بعض الأراضى الزراعية أنها تظل مغمورة بمياه الأمطار لفترة طويلة مما ينتج عنه خفض فى نسبة التربة الصالحة للزراعة وبالتالى تدنى مستوى الإنتاج ولهذا يعمد المزارعون إلى عمل حفر لتصريف المياه الإضافية ، وتستخدم لذلك آلات أوتوتيكية منها بواسطة أجهزة الليزر مما يسهل العمل ويوفر الكثير من الوقت والجهد

د) معالجة البذور النباتية بالليزر

لقد نبتت لأول مرة بذور معالجة بالليزر فى محطة زراعية خارجية حيث تم معالجة طن ونصف من بذور الطماطم والبصل وقد نبتت جميع هذه الأنواع وأزدهرت مثل سواها من المزروعات ذاتها التى لم تعالج بأشعة الليزر وبزيادة فى المحصول بنسبة 13% للملفوف، 40% للخيار. من طرائف استخدام تعبئة الليزر الزراعية معالجة أجزاء النبتة فى الحقل مباشرة فهذا من شأنه تعجيل معدل النمو وخاصة فى الأوراق فيتسرع نضوج الثمار لبضعة أيام فقط.

كما لاحت آفاق واسعة أمام استخدام التقنية الليزرية الزراعية فى البيوت الزجاجية حيث أمكن تصنيع جهاز معالجة الليزر الذي يحمل على ظهر دراجة نارية سهلة الحركة وتسير هذه الدراجة بين حقول البيت الزجاجي وتتيح لكل بيئة الفرصة فى التعرض لليزر فتنشأ قادرة على تحمل البرد وبورقية جيدة مقاومة للأمراض وهذا بطبيعة الحال هو ضمان للمحصول الوفير، وفى مجال مكافحة الآفات الزراعية جاءت معالجة الليزر خير وسيلة لتجنب الآثار غير المحمودة التى ترافق أو تعقب استخدام طرق المكافحة الكيماوية وبخاصة عند مكافحة مرض الحجرة الذى يصيب غلال الحبوب.

هـ) استخدام الليزر لإنتاج القمح

ظهر نوعا جديدا من القمح بمساعدة الليزر يتسم بارتفاع الإنتاجية ويعطى محصولا إضافيا يتراوح بين 300 : 1200 كيلو جرام من الهكتار الواحد مقارنة بما هو شائع الآن وأكدت النتائج من التجارب أن صفات النباتات الوراثية تتميز بتأثير الليزر وأن حيوية البذور لا تخبو بل تبدو أكثر قدرة على الحياة وتعطى ذرية أكثر حيوية ويؤكد العلماء أنه خلال سبع سنوات من البحث المتواصل تم التوصل إلى إنتاج صنف جديد من القمح سمى لويوف يحتوى على كمية من البروتين أكثر بـ 1.5 فى المائة عن سواه كما أنه قوى الساق والجذور ولا تتأثر سنابله ويتمتع بصفات ممتازة من حيث الطعم والحجم.

التطبيق الثالث: المجالات الطبيـــــة Medical

هذا المجال هو الأكثر نفعا للإنسان وزادت رقعة تطبيقاتها ومنها علي سبيل المثال وليس الحصر علاج أمراض العيون مثل انفصام الشبكية فى العيون أو قصر النظر وانتفاخ الأوعية الدموية فى العيون عند المصابيين بداء السكر وعلاج الزوائد اللحمية الداخلية الأنفية عادة إضافة إلي استئصال الأورام السرطانيةوفي تخصص الأسنان والمعالجة التجميلية وإزالة النمش والوشم بسهولة ويسر.

أ) طب الشيخوخة

إن معالجة عمي الشيخوخة بأشعة الليزر لا تحقق الفائدة المرجوة منها ما لم يتم العمل بها مبكرا ولذلك يجب التعامل مع أشعة الليزر مبكرا وقبل الوصول إلي مرحلة الشيخوخة المتقدمة، وعلي الجانب الآخر تقوم الأبحاث علي تحقيق قدرة أشعة الليزر مع تقدم العمر.

ب) طب تجميل البشرة

ضربات الليزر تساعد المرأة علي عدم تخطى سن الأربعين ، فالليزر جعل فى الإمكان إزالة التجاعيد والتضاريس من جسم الإنسان بصورة مدهشة وهذه الأشعة ليس لها تأثير الذى تحدث عنه البعض إلا إذا أحرقت وفى هذه الحالة يطير الجلد كله مع تجعيدة أو تجعيدتين أو أكثر. وذلك عن طريق تحفيز خلايا الجلد حيث يؤدى إلي خلق خطوط لشد المنطقة وكذلك معالجة آثار الجروح والندبيات وحب الشباب.

ج) جراحة العيون

يستخدم شعاع الليزر فى تقويم وإصلاح الأجزاء المتضررة من العين والتى ينتج عنها ضعف فى البصر دون اللجوء إلى عمليات جراحية ودون آثار سلبية أو مضاعفات أخرى على عكس العملية الجراحية كما انها توفر من الوقت والمجهود الكثير. ويمكن علاج انفصال الشبكية عن الجدار الخلفى الداخلى للعين حيث كانت نتائج هذا المرض هو العمى التدريجى الذى ليس له علاج مطلقا منذ ثلاثين عاما.

د) علاج تصلب الشرايين

نجح الليزر فى علاج تصلب الشرايين مما أدى إلى تقدم كبير مع هذا المرض اللعين. وهكذا أصبح الليزر مشرطا مضيئ لإنقاذ الحياة دون ألم فقد استخدم فى علاج التسوس والنحر وفى مجال الرمد وفى الجهاز الهضمى وأيضا فقد ظهر فى العمليات الدقيقة التى تجرى فى الحنجرة.

هـ) الأمراض السرطانية

مع استخدام الحرارة العالية التى يتمتع بها شعاع أو حزمة الليزر لم تعد إمكانية العدوى وانتقال العوامل السرطانية عن المناطق أو الأنسجة المصابة إلى السليمة مصدر قلق بالنسبة للجراحين، حيث يتم تسليط حزمة شعاعية من الليزر منطلقة من جهاز دقيق مركب فى أنبوب مرن يتم إدخاله إلى جسم المريض عبر فتحة الفم أو الشرج على المنطقة المصابة .
الحزمة الشعاعية تحرق الخلايا السرطانية وتقضى عليها ولا تؤذى إلا عددا قليلا من الخلايا السليمة للنسيج المجاور للورم السرطانى الخلايا تسقط عائدة بالجسم إلى حالته الطبيعية بدون عملية جراحية واستخدمت هذه الطريقة فى اليابان بنجاح.

التطبيق الرابع: المجالات الإجتماعية Social

هي تلك القطاعات الخادمة للحياة البشرية علي وجه البسيطة وهي متشعبة ومتداخلة وفيها من التطبيقات الكثيرة ونحصر منها علي سبيل المثال ما يلي:

أ) الفنون

نظرا للنجاح الباهر في التطبيقات المختلفة والذي إدي إلي التقدم السريع وخصوصا في المجالات الطبية فظهرت الإبتكارات من أجل التجديد والتنويع فدخلت تطبيقات أشعة الليزر مجال الفنون سواء الجميلة أو

التطبيقية ومنها الطباعة والنقش وكذلك الفصل أو تكبير أو تقطيع السيراميك وأيضا التصوير المجسم.

ب) مجالات الإستمتاع والترفيه

التطبيقات كلها في هذا الشأن هي بمثابة أشياء بسيطة وسهلة ففيها التسجيلات المرئية (الفيديو) والتلوين الضوئى (فى التحويل الضوئى الموسيقى إلى ضوئى) وعموما التقدم التكنولوجي الرقمي ساعد كثيرا في المزيد من التطبيقات المختلفة.

ج) المجالات التجارية والتسويقية

ظهرت مؤخرا التطبيقات المبسطة لتخزين المعلومات مثل الأسعار في المحلات التجارية واستدعائها فى ماكينات البيع سواء لدي الخزينة عند السداد أو فى المخازن التجارية وذلك بالاستعانة بشفرات الخطوط على أغلفة أو قوائم المواد عند البائعة فى المخازن التجارية.

د) المجالات الأمنية

هذا المجال واسعا فيتناول مساعدة المكفوفين والحراسات الأمنية الخاصة والعامة والأمن العام والحدود الدولية وغيرهم ومكافحة الإجرام. الطريقة التقليدية للحصول علي البصمة بوش مسحوق لاصق على موقع البصمة وعندما ينفخ المسحوق تظهر معالمها من بقايا المسحوق الملتصقة بها وثمة طريقة أخرى منتشرة الاستعمال الآن تستخدم فيها أبخرة مواد كيميائية ذات خاصية معينة تجعل بصمات الأصابع تمتصها لإبراز معالمها. أما طريقة الليزر تقوم على تصويب أشعة الليزر الضوئية المركزة إلى أى شئ يعتقد أن فيه آثار بصمات وينعكس فى طولها عن موجة الضوء الأصلي ويمكن مشاهدة صورة عامة للبصمة غير المرئية بواسطة أداة إلكترونية لتصفية الموجات الضوئية وعند ذلك تصور البصمة بآلة تصوير عادية للاحتفاظ بسجل الدليل الجنائى بدون لمسه أو ترك أى أثر يؤدى إلى محوه أو تشويهه.

هـ) مجالات التعليم

هذا المجال هام لأنه يتعلق بالبحث العلمي والتطوير والإختبار وفيه من الممكن أن نجد تطبيقات علمية قد لا تصل إلي التطبيقات الشعبية خارج

النطاق البحثي أو في المجالات السرية من أمن الدولة أو تلك العسكرية أو النووية أو تلك أسلحة الدمار الشامل.

و) التوزيع الموسيقى

يتم العمل عن طريق اسطوانة هاى فاى (العالية النفاذة) التى تعمل بواسطة الليزر ومن المتوقع أن يحل هذا الاختراع الثورى الجديد كليا محل الاسطوانات التقليدية العادية فى العام 1993 ويقوم الليزر بفك المعلومات لإنتاج نقاوة صوتية لم يسبق لها مثيل (خالية من الوشوشة والأصوات الطفيلية والتوافقية) والسبب الرئيسى لذلك هو أن الليزر يقوم بفك 4.3 مليون بنس من المعلومات (أى من الموسيقى المسجلة) فى كل ثانية واحدة خلال فترة الاستماع وهو أمر يختلف تماما عن الاسطوانة العادية ذات الأقلام البلاستيكية وبالطبع بإمكان وصل هذا النظام بأى مكبر عادى للصوت لينتج صوتا عاليا وقويا ونقيا بدرجة علية.

ى) الكشف الجغرافى

تم إنتاج جهاز جديد للكشف عن الحفر الأرضية والبراكين أطلق عليه اسم جيوان ويعمل بالليزر وله القدرة على كشف باطن القشرة الأرضية لعمق أكثر من 40 كم ويوضع فى المناطق التى تكثر فيها البراكين والحفرات الأرضية المختلفة. الأجهزة السابقة التى كانت تعمل فى هذا المجال يبلغ أقصى مدى لها 10 كم ولم تكن بنفس الدقة التى يتميز بها الجهاز الجديد.

المحور الثانى: تقنيات الاستشعار *Detection Technology*

الإستشعار هو وسيلة عصرية بعد التقدم العلمي الهائل علي الساحة الدولية ففيه نستطيع تحديد حقائق الأشياء قبل رؤيتها أو سماعها أو الإحساس بها وتستخدم علي نطاق واسع في بعض التطبيقات نتناول منها:

الأول: الاستشعار عن البعد Far Detection

يعتبر الاستشعار من المجالات التى تشهد تطورا سريعا وملموسا فى هذا الصدد فتطور الآلات والأجهزة المستخدمة والتقنيات البصرية الجديدة مما أفسح المجال أمام معاينة أفضل وأدق لمجموعة متسعة من المواد الصلبة وغير الصلبة. يعتبر جهاز الفلورية المستحثة بالليزر أحد الآلات والأجهزة الليزرية المستخدمة فى تقنية الاستشعار عن بعد ونستعرض فيما يلى بعضا من التطبيقات المهمة.

1- مراقبة النوعية النفطية

يتم إطلاق حزمة من الليزر فوق البنفسجية باتجاه بقعة موضوعة على سطح البقعة النفطية حيث تقوم البقعة بامتصاص الحزمة الساقطة وإعادة إطلاق نسبة صغيرة منها ولكن بطول موجى مختلف ويقوم الاستقبال المرئى بالتقاط الحزمة المؤثرة هذه ويمكن التأكد من النفط وتمييزه عن المواد الكيماوية الأخرى باستخدام أساليب التحاليل وتحديد طبيعة النفط المنسكب وفيما إذا كان نفطا خاما أو مكررا.

2- الكشف عن المواد المشعة

لقد أثبتت الاختبارات الميدانية إمكانية الكشف عن المعادن الحاوية على أيون اليورانيل باستخدام أساليب الفلورة المستحثة بالليزر حيث لا يظهر أيون اليورانيل المفلور في الطبيعة منفدا بل أنه دائما يكون مختلطا بمعادن أخرى على ثلاثة أشكال على الأقل ثبت تأثرها بجهاز ليزر الاستشعار عن بعد ويقوم هذا الأيون بدور الكاشف السطحى لرواسب اليورانيوم المدفونة إذ أن له طيفا مميزا من الأشعة الخضراء عند إثارته بالأشعة المرئية بأطوال موجية زرقاء أو فوق البنفسجية كما أنه يتميز بأن متوسط عمره الفلورى طويل نسبيا وكلا الميزتين السابقتين تساعدان فى تحديد إشارة فلورة اليورانيل عن أية إشارة زائفة.

الثاني: أجهزة ومعدات Instruments

نتيجة للتقدم السريع في معالجة الأشعة الليزرية ظهرت الأجهزة العديدة التي تعتمد في نظرية عملها علي خصائص أشعة الليزر ومن أكثرها شيوعا في الصناعة الآتي:

1- الليدار (Lider)

بالرغم من استخدام أجهزة عديدة للإرسال والاستقبال فى تقنية الاستشعار عن بعد يبدو أن جهاز الليدار (**Lider**) أحادى الطرف أكثرها فعالية وهو عبارة عن جهاز رادار ليزرى ومن هنا جاءت تسميته ونظرية عمله بسيطة إذ يقوم جهاز الليزر ثابت التردد بإرسال حزمة من الأشعة البصرية في إتجاه هدف بعيد وينعكس جزء من هذه الأشعة عند إصطدامه بالهدف.
يتميز الرادار البصرى بالطول الموجى القصير مما يسمح بدقة التحديد أعلى للهدف لزيادة القدرة على التفرقة بين المسافات واستخدامه تقنيات

تكوين الصورة، كما أنه يستطيع تجميع معلومات طبقية متصلة بالهدف.
تساهم أجهزة الليدار أحادية الطول الموجي والتى تجمع الأشعة المؤثرة من الجزيئات أو الأسطح عند نفس الطول الموجي فى حل مشاكل عددية فى مجال القياس عن بعد. وقد استخدمت أنظمة ليدار مشابهة فى مراقبة الجزيئات المنتشرة فى الهواء كما دخلت فى تطبيقات عديدة تتناسب بين فعاليات التحكم في ملوثات الهواء وإجراءات تفادى تصادم الطائرات التي ساهمت بشكل فاعل في تطور الحركة المرورية للطائرات.

2- جهاز الليزر الديناميكى الغازى

ترجع أسباب التفوق العسكرى الذى ينسب إلى الدول الكبرى إلى استخداماتها فى المجالات التكنولوجية العالية والأعمال العسكرية المناسبة، هذا وكانت الأسلحة الاستراتيجية التى تعمل على الليزر قد أثبتت قدرتها الفائقة بجدارة إلى حد جعلها لا تقبل المنافسة وتكمن أهمية الليزر فى المجالات التقنية فى تعدد استخداماته بالإضافة إلى ما يتمتع به من فعالية عالية وأداء فريد. لما كانت لأشعة الليزر طاقة إشعاعية مركزة تصدر آثار حارقة ويطلق عليها تسمية أشعة الموت. يعد من أهمها هو الجهاز المسمى بالليزر الديناميكى الغازى فعند التقاط أجهزة الرادار لأى صواريخ أو طائرات معادية يقوم الجهاز بإطلاق ليزرى شديد التركيز ذو طاقة عالية موجه نحو الهدف لتدميره قبل أن يتسنى له بلوغ أهدافه وقصفها وقد ظهرت هذه التقنيات والتعامل معها خلال حروب الشرق الأوسط منذ العقدين الأخيرين من القرن الماضى.

كذلك يمكن استخدام هذا النوع من الأسلحة الليزرية الحارقة على مستوى الأفراد إذ أن بالإمكان تسليط حزمة من الليزر الحارق على أفراد جند العدو على بعد يزيد عن الأثنين من الكيلومترات مؤديا بذلك إلى الموت المحقق. من استخدامات الليزر أيضا الإستعانة بها في الكشف عن أماكن وجود العتاد العسكرى ومواقع الدبابات والمدفعية والقيام بتدميرها من مسافات بعيدة كما حدث في الحرب علي العراق. كما إنها تستعمل فى تحديد أهداف القذف الأرضى والجوى وكذلك فى توجيه القذائف إلى الأهداف المرسومة بدقة فائقة سواء كانت الأهداف متحركة أو ثابتة. تبقى القذيفة فى هذا الحال فى أثر الهدف إنجذابا كما لو كانت مشدودة إليه بخيط أو مغناطيس.

ومما يستحق الذكر هنا أن توجيه القذائف بأشعة الليزر لا يحقق إصابات غاية في الدقة فحسب بل ويساعد الطيار على تجنب مغبة الاقتراب من الهدف وتعريض نفسه لنيران العدو لأنه يمكن من تسديد ضربات وإصابة أهداف عن بعد وبقدر عالي من الدقة والتركيز، قد استخدمت هذه الطريقة في التوجيه أول مرة في حرب فيتنام.
لما كانت هذه الأسلحة الاستراتيجية تعتمد في جوهرها على تكثيف الأشعة الضوئية وتركيزها وبما أن المرآة هي خير وسيلة لعكس أشعة الضوء، فقد تم تزويد الطائرات والصواريخ بطلاءات فضية أو ذهبية عاكسة تعمل كالمرآة وتصد عنها خطر الأسلحة الليزرية المتطورة وذلك كإجراء مضاد لاختراع هذه التقنيات الاستراتيجية الجبارة. تقوم الدول الكبرى بتسخير قسط كبير من فعالياتها ونشاطاتها عالية التكنولوجيا لتحسين الأداء والارتقاء بعملية استخدام تكنولوجيا الليزر في المجالات المختلفة ومنها تلك العسكرية سعيا منها وراء تحقيق المزيد من التفوق الاستراتيجي الأمر الذي يضمن لها الغلبة ويجعلها على عرش القوة بلا منازع.

3- جهاز تدمير الأقمار والصواريخ

من المتاح استخدام الليزر لرفع درجة الحرارة بمواقع العسكريين المعادين مما يقلل من كفاءة عملهم ولذلك يعتبره المتخصصين سلاحا قضائيا (محنكا) كمايمكنها أن تثبت طاقة قوية بسرعة فورية لتعطيل المركبات المعادية وكذاتدمير الصواريخ العابرة للقارات. جدير بالذكر أن كلا من الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتي السابق (روسيا الإتحادية حاليا) جهودا مضنية بغية (عسكرة) الليزر مما يعني محاولاتهما للإنتقال بتكنولوجيا المعارك العسكرية إلي تأثيرات ليزرية، غير أن شيئا لا يدل على أن هذا الحلم يمكن تحقيقه قريبا بالرغم من أن فكرة استخدام الليزر كسلاح تعود إلى ما قبل الميلاد.
ما دام استخدام الليزر في المجال العسكري هو أشبه بالحلم فلماذا أنفقت الولايات المتحدة ومثلها الاتحاد الروسيأكثر من مليارى دولار على تحقيق هذا المشروع، وعلى كل حال فإن الليزر يتطلب تقنية عالية ومعادن خاصة ومصادر طاقة محددة وتركيبات بصرية دقيقة لتكوين الشعاع وبثه. هذه الشروط متوفرة في الفضاء ولكن يجب أولا اختيار ليزر يمكن أن يدوم

طويلا ثم إيجاد مصدر طاقة غير الألواح الشمسية المستخدمة على الأقمار الصناعية التى لا تقدم طاقتها بسرعة كافية في الفضاء، إضافة إلي الحاجة إلى جهاز بصرى (يمكن أن تكون مرآة كبيرة) لجمع الأشعة بدقة كي تتمكن من ضرب هدف يبعد آلاف الكيلومترات بقوة كافية.

إن استخدام الليزر ضد الصواريخ الموجهة يتركز على عدة احتمالات فالاحتياطى العالمى من هذه الصواريخ ذو أهمية وحدد سابقا أحد العلماء الأمريكيين أن الضرورة قد تفرض مهاجمة ألف صاروخ دفعة واحدة وخلال الدقائق الثمانى التى يتطلبها الإطلاق فيما لو شن الاتحاد السوفيتى السابق هجوما (كثيفا) على أمريكا بالإضافة إلى أن هناك غواصات موزعة فى المحيطات وهنا يجب تواجد خمسين قمرا ليزريا (علىمدار منخفض) لتتمكن من صد الهجوم، حتى لو توفر وجود هذا العدد من الأقمار فى الفضاء يتبقى مشكلة بعيدة الحل فالقمر يجب أن يزود بتلسكوب لتحديد الصاروخ ويلزمه أيضا عقل إلكترونى شديد الذكاء لتتبع الصواريخ وتحديد الأضرار والتأكد من النتائج.

إن الأقرب احتمالا هو استخدامها فى الاتصالات بين الأقمار - وبين الأقمار والغواصات فى أعماق المحيطات بواسطة الليزر الناجم عن غاز الكربون، وهذا أمر ممكن غير إن العملية البعيدة التطبيق حاليا هى الاستخدام العسكرى لتقنيات الليزر على الأرض لأن العقبات التى تعترضها ذات صعوبات لا يمكن تجاوزها وبالمقابل فإن استخدام الليزر فى الفضاء هو أقرب إلي التحقيق، ويجرى الآن وضع تقنية خاصة لمهاجمة الأقمار الصناعية بالليزر وتقنية أخرى مضادة للوقاية من أى هجوم وهنا فالعمل أسهل لأن عددا الأقمار اختصر بينما يتبين العكس بالنسبة للصواريخ الموجهة . كما قررت كلا من الاتحاد الوسي والولايات المتحدة عدم بناء أكثر من بضع عشرات من الأقمار العسكرية المتخصصة للتجسس والاتصالات والمراقبة وربما الهجوم بالسلاح النووى وهذا المجال يمكن أن يصبح الليزر سلاحا فعالا.

أن الأقمار الحديثة مزودة بعشرات الآلاف من الدوائر الإلكترونية المضادة للحرارة التى يولدها الليزر ولتدميرها يلزم الليزر قوة ضخمة لأن سطح القمر مطلى بدهان لامع لحمايتها من الأشعة الشمسية.

الثالث: أجهزة الليزر Applications

بدأت أجهزة الليزر تحل محل الأجهزة الهندسية التقليدية في العديد من المشاريع مثل مد أنابيب مياه الصرف والأمطار وسعة الأنفاق ومسح الأرض وفيما يلي استعراض لأحد هذه التطبيقات.

1- مد الأنابيب والمواسير

لعل من أبرز تطبيقات الليزر وأكثرها شيوعا ضمن فعاليات التعمير والبناء الحالية يأتي استخدامه في عمليات مد أنابيب مياه الصرف والأمطاروكذلك شبكة الغاز الطبيعي. تشترط هذه العملية استخدام أجهزة دقيقة وثابتة وهو ما أوصى الباحثين به مؤديا إلى ضرورة الاستعانة بأجهزة الليزر لما تتميز به من خصائص إضافة إلى ما سبق تحديده من قوة تحمل واعتمادية عالية ، وقد أمكن عن طريق استخدام الليزر التغلب على العديد من المشكلات في هذا المجال بينما فشلت الأجهزة التقليدية فيها . وكانت عملية مد أنابيب المياه صعبة للغاية وتتطلب الكثير من الجهد والوقت والمال والأيدى العاملة، فقد كان يتم ربط خيط مثبت بوتدين عند كلا طرفى الخيط بشكل موازى للأنبوب وذلك لتحديد زاوية الانحدار كما كان يلزم لإتمام تلك العملية القيام بمراقبة القياسات بشكل متتابع ومستمر للتأكد من صحتها ودقتها وكان وجود عددا كبيرا من العمال لإنجاز المهمة مكلفا جدا ويجعل العملية عرضة للكثير من الأخطاء.

يتم مد الأنابيب عن طريق حفر حفرة كبيرة بعمق مناسب ثم تمد الأنبوب المراد تركيبه فى قاع الحفرة باتجاه معين حيث يمر الليزر المرئى بمنتصف الفوهة، ويركب هدف بلاستيكى شبه شفاف عند الطرف الآخر للأنبوب ويكون الأنبوب فى وضعه الصحيح عندما يمر الليزر المرئى بمنتصف الهدف هذا ويتكرر ذلك حتى نهاية المشروع، أجهزة الليزر المستخدمة حاليا مجهزة بآلية ذاتية لضبط زاوية الانحدار. يعتمد أداء الليزر فى هذا المجال على عدة عوامل منها ثبات القاعدة التى يرتكز عليها الجهاز وثبات الجهاز ومتانته وهى كلها أمورا يمكن التحكم فيها بسهولة عن طريق مراعاة التصميم الدقيق، أما التقلبات الجوية فيمكن تفادى تأثيرها على أداء الليزر عن طريق اختيار أوقات الاستعمال على نحو يتناسب مع الأحوال المناخية والطقس.

2. مقارنة بين أجهزة الليزر والبصرية التقليدية

دلت الإحصائيات التي قام بها الباحثون على أن الطاقة الإنتاجية للمشاريع الهندسية ترتفع بشكل ملحوظ عند استخدام الليزر فقد لوحظ أن الطاقة الإنتاجية لعملية مد أنابيب المياه والصرف ترتفع من 30 إلي 50 % عند استخدام أجهزة الليزر. كما يبرز قصور الأجهزة البصرية في العديد من النقاط إذا ما قورنت بأجهزة الليزر الدقيقة فالحاجة إلى وجود عدة أشخاص لقراءة البيانات والقياسات تتطلب الكثير من الوقت وتعرضهم للوقوع في أكثر من خطأ يمكن تفاديه إذا ما اقتصر في عملية القياس على شخص واحد كما هو الحال عند استخدام أجهزة الليزر. إضافة إلى أن عملية تغطية السطوح بالأسمنت تمثل دليلا آخر لتفوق الليزر على الأدوات الهندسية التقليدية فهي عملية تتطلب السرعة والدقة حتى لا يفسد (يشك) الأسمنت فنيا (أي يصبح غير صالحا للإستخدام) ويصعب تشغيله، علاوة على ذلك فإن شعاع الليزر المستقيم والواضح يساعد العامل على التأكد من استواء السطح ويساهم في الحد من كمية المواد المستهلكة والتقليل من تكاليف المشروع. إن أجهزة الليزر عموما والمتوفرة حاليا تقوم بسد احتياجات المهندسين في العديد من الاستخدامات والتطبيقات فهي تتمتع بالعديد من المميزات والتي على رأسها المتانة وسهولة الاستعمال والصيانة. على الرغم من هذه المميزات التي تتصف بها أجهزة الليزر الحالية، إلا أن الأيام القادمة تبشر بأجهزة أكثر تطورا وكفاءة تساهم بدور أكبر في الارتقاء بفاعليات البناء والتعمير.

المحور الثالث: إنتاج الليزر Generation

لقد أثبت (الليزر) أنه من أهم الاكتشافات التكنولوجية خلال العقدين الأخيرين من القرن الماضي وأن فوائده بلا حدود إذ ليس هنك علم أو فن أو صناعة لا يمكن أن تتجاهل ثمرة هذا الضوء ذو الشعاع المتماسك القوي والمركز، ودخلت تطبيقات الليزر في الحياه العادية بعد أن إخترقت المجالات الهامة والصعبة بنجاح وأصبح هنك عددا من فعاليات أشعة الليزر المؤثرة في الحياة المعاصرة والتي أصبحت أساسية وتتنوع مولدات الليزر الغازية إلي أشكال متباينة نذكر منها:

1- ليزر المواد الغازية المتعادلة

يحدث فيها الليزر عند مناسيب ذرية غير متقية مثل ليزر الهليوم كما أنها التي يتألف وسطها الليزرى من خليط من الغازات غير متأنية، ولقد تمكن العالم (على جافان) عام 1960 من بناء أول مولد كهربائي يعتمد على هذا النوع لإنعكاس الاستيطان بين منسوبى طاقة يمثلان منسوبى الطاقة لذرات الغاز، بالإضافة إلى نوع آخريحتوى على النيون والهليوم كوسيط أساسي والذى يمكن الحصول عنها على 450 تردد إشعاعى ضمن النطاق الموجي المنحصر ما بين (0.41 :2.6 μm) ما بين هذه الأعداد التابعة لهذا النوع يتميز ليزر غاز الهليوم النيون عليها.

2- ليزر المواد الغازية الجزيئية

ينتج فيها الليزر بسبب الاهتزاز والدوران الجزئى للغاز مثل ليزر ثانى أكسيد الكربون.

3- ليزر المواد الغازية المتأنية

هى التي يعتمد فيها انطلاق الليزر على الانتقال الطاقوى بين المناسيب المتأنية.

4- ليزرشبة الموصلات

تنتمى هذه المولدات إلي صنف " الثنائيات المشعة للضوء" حيث ينطلق عنها ضوء أحادى اللون متوافق وتعرف هذه المولدات بـ (ليزر الحقن)، ويحتل هذا النوع من المولدات مكانة تطبيقية عالية فى مجال الاتصالات البصرية - الضوئية، أما عن طريقة الضخ (الحقن) فإنها تختلف عن الطرق المستخدمة فى ضخ ليزر الحالة الصلبة والغازية، ويتم استغلال الطاقة الكهربائية المجهزة بضخ الإلكترونات إلى حالات طاقوية علية عن طريق حقن الإلكترونات والثغور عبر ملتقى سالب / موجب، ومميزاتها:

أ) الكفاءة العالية بسبب عملية التحويل المباشر للطاقة

ب) بساطة الأجهزة المستخدمة فى ضخ الإلكترونات مباشرة بالطاقة الكهربائية

بالنسبة لتركيب مولد ليزر شبه الموصلات وطريقة اشتغاله نستطيع تحديد أن مولد الليزر مادة وسط (زرنيخيد الكاليوم) من المولدات الشائعة لهذا الصنف وهو عبارة عن ثنائى من مواد شبه موصلة مادته الأساسية زرنيخيد الكاليوم المطعم بمادتين مختلفتين للحصول على تطعيم ذو صفات

سالبة (زرنيخيد الكاليوم المطعم بالتيليريوم) على جانب من الثنائي وكتلة أخرى ذات مواصفات موجبة (زرنيخيد الكاليوم المطعم بالزنك) على الجانب الآخر. نضع الثنائي داخل حاوية معدنية لحمايته من المؤثرات الخارجية وتبريد الحرارة الناتجة عن انطلاق الليزر ويخرج طرفين من الحاوية بغرض التوصيل الكهربائي إلى الثنائي عند تسليط فولتيه بالاتجاه الأمامي على الثنائي فإن عددا كبيرا من الإلكترونات والثغور ستندفع باتجاه منطقة ضيقة جدا، على الجانب الموجب تتحد الإلكترونات مع الثغور مع كل عملية اتحاد ينتج فوتون واحد ولصغر منطقة انبعاث الليزر إضافة إلى التسخين غير المنتظم وعوامل أخرى قد تنطلق حزمة الليزر اعتياديا على شكل حزمة عريضة.

من الخصائص المهمة لهذه المولدات والتي تجعلها مناسبة لبعض التطبيقات في الاتصالات هي أن زمن بقاء أي إلكترون في الحالة المثارة خلال الانبعاث وعليه يمكن حصول واختفاء الليزر عند ترددات عالية بينما يظهر من عيوبه صعوبة السيطرة على شكل هيكله كما أن النقاوة الطيفية والخاصية الأحادية اللونية لا يضاهيان تلك التي للأنواع الأخرى بالنسبة للهياكل التركيبية لهذه المولدات نجد تلك الثنائيات المتجانسة (*Homo junction*) والتي تتألف من متصل واحد وقطعتين من شبه الموصل المطعم. كذلك النوع الثلاثي (*Herto junction*) والذي يتألف من طبقات ثلاث لتكون متصل مزدوج غير متجانس تسمى بـ (ليزر الحقن غير المتجانس مزدوج المتصل).

المحور الرابع: الأخطار Hazardous

تكثر طرق توليد أشعة الليزر ومنها الضعيف وفيها الجيد ومنها الأفضل وهنا ندرج بعضا من الأنماط الأكثر أستخداما وهذه الطرق تدخل بشكل ما في أسباب ظهور بعضا من الأخطار الضارة، ومن ثم نرى نظامين لإنتاج أشعة الليزر هما:

1- التوليد متعدد الأنماط

عندما يكون الثنائي هو ليزر حقني غير متجانس التركيب مزدوج المتصل فإن التركيب يسمى التركيب الليزري الحقني غير متجانس التركيب مزدوج

المتصل عرضى الحيز الفعال ويطلق هذا النوع ضوءا ليزريا ذا طيف يحتوى على مركبات ضوئية طولية ومستعرضة.

2- التوليد أحادى النمط

عندما يريد الحصول على خرج ضوئي ليزرى أحادى النمط ويجب تقليل المركبات الضوئية وتحديدها بواحدة طولية عن طريق التحكم بالطول الفعال للحيز الليزرى أما فى حالة الأشعة ذات شكل أحادى الطور ولابد من معرفة كل من الحد الأدنى لقطر الحزمة المركزة وعمق التركيز عند الاستعانة بأشعة الليزر، وهناك من الأمثلة الكثير منها:

أ) توضيح كيفية توجيه ومراقبة عمل أشعة الليزر عن طريق العدسات والملحقات البصرية.

ب) توضيح منظومة بصرية لتوجيه أشعة الليزر المستخدمة فى مجال اللحام للدوائر المتكاملة

ج) التعامل مع الليزر وإجراءات السلامة الصناعية

أما بالنسبة للمخاطر التي تصاحب أشعة الليزر فهي تتنوع إلي أضرار عن المولدات لأشعة الليزر وأخري عامة فنتعامل معها بإيجاز مثل:

أولا: أضرار عن المولدات

أ) الفولتية العالية لتشغيل المولد الليزرى.

ب) إشعاعات تحت الحمراء وفوق البنفسجية غير مرئية.

ج) إشعاعات إكس من مصادر الفولتية العالية.

د) حدوث تفريغة ليزرية غير متوقعة.

هـ)انطلاق غاز الأوزون عند تأين الهواء بسبب الفولتية العالية أو الأشعة فوق البنفسجية.

و) التفاعل الناتج عن الليزر والمادة والذى قد يؤدى إلى حرائق.

ثانيا: أضرار بيولوجية

مع انتشار الليزر فى حقول مختلفة بدأت تطرح بعض التساؤلات والمشكلات التى لم تؤخذ فى الحسبان فيما مضى حيث لوحظ أن المختصين باستعمال هذه الأشعة غالبا ما يصابون بأمراض فى العين نتيجة انعكاسها مما يضعف قدرة العين على التكيف مع كمية الإضاءة الخارجية ولذلك قامت إحدى الشركات الأمريكية بصنع نظارات حديدة من زجاج يمكن أن

يعكس من دون أن يؤثر على جودة الرؤية. أن جميع النظارات تعتمد حتى الآن على مبدأ امتصاص الأشعة واضعافها فى حين أن النظارة الجيدة لا تسمح إطلاقا بدخول الأشعة الضارة وقد صنعت بشكل أساسى للاستخدامات العسكرية فى الطائرات التى تحتوى على أجهزة الليزر.

أ)تعتبر العين من الأعضاء الحساسة لإشعاعات الليزر وتزداد الكثافة لطاقة الإشعاعات مئة ألف مرة عند دخولها مقلة العين حيث يؤدى إلى العمى الأسود.

ب) تتأثر البشرة بالإشعاع ولذلك يجب ارتداء بدلة بيضاء سميكة تقلل من التعرض بمقدار 100 مرة ولبس القفازات لحماية اليدين.

لذلك يجب تفادي هذه الأخطار فنرى الشروط الواجب توافرها فى مواقع مولدات الليزر (المختبرات) والتي تنحصر أساسا في:

أ) يجب أن يكون بها تقسيمات جدارية تمنع التعرض المباشر للأشعة.

ب) الجدران مطلية بمادة غير عاكسة.

ج) يجب عدم التدخين لأن الدخان يسبب تشتت الأشعة.

هذا يؤكد أن اكتشاف الليزر يعد من أعظم إنجازات العصر لما له من أثر فى الارتقاء بالعديد من التكنولوجيا الحالية واستحداث الكثير من التكنولوجيات المتقدمة، ولا يزال العلماء يواصلون جهودهم للكشف عن المزيد من الحقائق والمعلومات المتعلقة بطبيعة هذه الأشعة.

الفصل السابع

أنظمة الإستشعار

Detection Systems

أن الصناعات الحديثة أو حتى تلك القديمة المتواكبة مع العصر تحتاج بصفة أساسية وجوهرية إلي التعامل الآلي في كل الخطوات وحيث أن التقدم العلمي قد جاء بالعلم والتكنولوجيا علي طبق لينهل منه الجميع فقد نهلت الصناعة الكثير والعديد من الأصناف التكنولوجية المتاحة في هذه الأطباق. علي الجانب الآخر هذا التقدم التكنولوجي قد أدي بتوصيف المنتجات علي وجه أدق وأفضل عن ذي قبل وهو ما جعل الإنتاج أكثر صعوبة بالنسبة للصناعات التقليدية ومن ثم بات مهما أن تقوم الصناعات بشكل جوهري علي التطوير والتحديث وهو ما تنادي به الدولة حاليا، وذلك لإعطاء الفرصة للمنتجات الصناعية القومية قدرة طبيعية للمنافسة داخل الأسواق العالمية، وخصوصا مع تحرير التجارة الدولية من خلال منظمة التجارة الحرة والإتفاقيات المتتابعة وتواجد التكتلات الصناعية بل وإنتشارها بين القارات.

من هنا كان الدور الرقابي والمتابعة علي المنتجات الصناعية ذاتيا أفضل السبل للتوصل علي السلعة القادرة علي المنافسة في الأسواق الدولية. من أول هذه المهام تأتي جودة الإنتاج والمنتج، وخصوصا أن هناك صناعات دقيقة وأخرى سرية تحتاج إلي الأمان والتأمين التام لكل مراحل الإنتاج، وهكذا كان مهما أن ندرس بالتحليل والتنظيم تلك الفقرات الأساسية التي تؤسس التعامل مع جودة المنتج وسرية الصناعة، ولهذا نعرض في هذا الفصل الموضوعات الأساسية لحماية المنشأة سواء كان ذلك ضد الدمار مثل الحرائق أو من خلال المتداخلين والمتسللين للحصول علي ما هو من الأسرار الخاصة بالمنشأة الصناعية ويدخل في هذا النطاق أسلوب المتابعة المستمرة لأداء العاملين للحصول علي أعلي أنتاجية ممكنة. من الجهة الثانية نري أن أسلوب الإنذار المبكر سوف يحقق آمالا غير مرئية اليوم ولكنه سوف يتطور من نمطه العادي الحالي إلي صورا أخري أكثر تقدما وقدتكون نافعة أحيانا وقد تضر تارة أخري.

1-7: الإنذار المبكر عن الحريق
Fire Detection

تشتمل عدة المناطق الصناعية علي الكثير من المواد والمصادر التي قد تتسبب في حدوث الحرائق أو في المساعدة علي إستمرار وتزايد وجودها ومن ثم يكون من الأهمية البالغة أن تتوافر نظم آلية للتعرف عن وجود الحرائق قبل حدوثها كي تعطي الفرصة لمكافحتها وهي في المهد وقبل أن تستشري وتأكل كل ما هو موجود بالموقع وتزداد هذه الضرورة قيمة لتفادي أي خطأ قد يحدث أثناء العمل.

جدول رقم 7-1: نظم الإستشعار المستخدمة ومؤننات كهربية

نظام	جهد، V		تيار	ذبذبة	حساسية	الإشارات
	تغذية AC	تشغيل DC	mA	Hz	db/m	
مقنن	240/110	24 ف	150	60/50	0.4 – 2.2	ضوئية وصوتية
يدوي	يعتمد علي رؤية الفرد المزاول للعمل ولا يمكن التعامل مع هذه المنظومة آليا وينحصر نجاحه علي مستوى وكفاءة العاملين					
آلي / يدوي متعدد	نظام شامل ويعطي كل الفرص ويغطي كل الظروف					
آلي	لا يعتمد علي الانسان ويغطي الخطأ مباشرة من خلال منظومة إتصالات آلية متكاملة					

أولا: متطلبات أنظمة إطفاء الحريق Requirements

كما سبق القول بأنه لا بد من توافر منظومة تلقائية لإستشعار وجود مصدرا للحريق في بدايته، ومن ثم ولتحقيق ذلك بطريقة مثلى لا بد وأن تتوافر الشروط التالية في أي موقع صناعي كأدنى مستوى من أجل الوقاية والسلامة المهنية للأفراد من جهة وحماية المعدات والممتلكات من الدمار من الجهة الأخرى. كما أن لها من المقننات القياسية حيث نري بعضا منها في الجدول رقم 7 – 1.

1- تواجد أجهزة إطفاء يدوي بالمنطقة

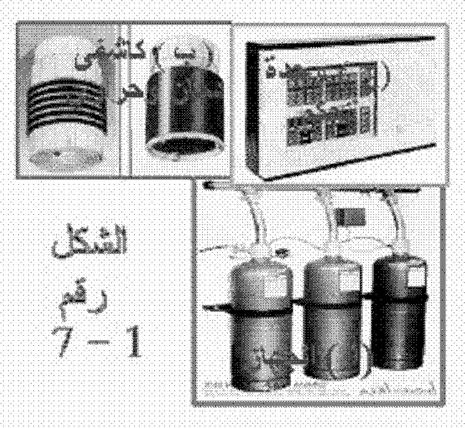
2- توافر الطرق والممرات التي تحمى من الزحام أو التزاحم عند الخروج أثناء الطوارىء ومنها الحرائق

3- الإستعانة بأسلوب وقائي كي ينذر بتواجد مصادر للحريق وهي في المهد

4- تقسيم الموقع الصناعي إلي قطاعات بالنسبة لطوارىء الحريق (إنذار أو إطفاء)

5- تركيب خط سلخن آلي لإستدعاء فرق الإطفاء المركزية بالمنطقة.

6- تركيب أسلوب إطفاء آلي بالموقع ولو علي الأجزاء الهامة بالموقع الصناعي ككل. هناك العديد من النظم المتبعة في هذا الشأن ولذلك نختار أحد هذه النوعيات للتعرف علي جوهر هذا الأسلوب الهام للتعامل والتطبيق داخل المنشآت الصناعية حيث يظهر في الشكل رقم 7-1 جهاز الإطفاء الآلي بجهاز الهالون، ويتكون هذا الجهاز من:



الشكل رقم 7 – 1

أ) الأسطوانة يوجد منها أحجام عديدة نمطية (1,3,5,10) لتر.

ب) صمام التحكم ويكون مناسباً لحجم الأسطوانة.

ج) فتحات الإطفاء.

د) الكشـف الحساس (كاشف الدخان - كاشف الحرارة)

5- وحدة التحكم وتكون آلية أو يدوية.

7- نقاط إنذار يدوية يمكن للعاملين إستخدامها عند الضرورة لتحذير الزملاء والمسئولين.

8- تدريب العاملين علي كيفية إستخدام وسائل الإطفاء المتوافرة بالموقع نتناول موضوع إنذار الحريق في سطور حيث يتكون نظام الإنذار من الحريق بصفة عامة من:

أ) مصدر القدرة (بطارية)

جدول رقم 7-2: مجموعة الكاشف الدخاني

م	كاشف	التعريف التقني
1	الدخان التآيني *ionization*	يعتمد علي الحساسية للدخان وناتجه الغازي حيث يتسبب في تغيير قيمة تيار التآين المقاسة وبذلك يكون مؤشرا بتواجد الدخان في المنطقة المغطاه بهذا الكاشف وهو يغطي ما يقرب من 300 متر مكعب ولذلك يكون مناسبا لإكتشاف الحريق سريع الاشتعال والحرائق الصغيرة كما يمكنه الكشف عن الحريق قبل ظهوره المرئي للعين المجردة لأنه يعتمد علي تواجد منحنيات بداية معاملات الحريق ويلزم تصنيع الدوائر المتكاملة الخاصة به كي تمنع التداخل مع الدوائر الإلكترونية الأخري
2	مجري دخان **Duct**	مثل سابقه من حيث طريقة العمل ونظرية استشعار الدخان بمكوناته الغازية لكنه يعتمد علي تحديد قيمة التواجد الغازي مسبقا ومع ظهور مكونات الحريق الغازية يبدأ في العمل مباشرة ويتميز بالدقة والسرعة الإنذارية
3	دخان ضوئي **optical**	يحتوي علي خلية كهروضونية حساسة للأشعة دون الحمراء حيث يستقبل الشعاع في الكاشف والذ يتشتت عند ظهور غازات أخري من منتجات الحريق وهو يغطي 300 متر مكعب وهو مناسب للحرائق الكبيرة وللمواد سريعة الاشتعال مثل بي في سي أو الموبيليا والفبر ولذلك يقيس كمية الأشعة الناتجة عن الحريق لعدة مرات كي يتم التأكد من تواجد الحريق فعلا قبل الإعلان الأوتوماتيكي عنه وكل هذا يمنع ظهور التشغيل الزائف وهذه النقطة من مميزات هذا النوع من الكاشف.
4	شعاع دخان **beam**	يتسبب الدخان الناتج عن الحريق في تغيير قيمة الأشعة المتجهة إلي الخلية الكهروضونية عن تلك في الحالات المعتادة واعتمادا علي تقنية الأشعة تحت الحمراء وهنا يمكن أن يصل طول الشعاع إلي مسافات طويلة حوالي 100 متر وعادة لا تزيد المسافة بين المرسل والمستقبل عن 7 أمتار كما أنه يمكن تركيبه علي ارتفاع شاهق يصل إلي 40 متر

ب) كاشف الحريق وتتنوع إلي كاشفات دخانية (جدول رقم 7-2) أو حرارية (جدول رقم 7-3) أو ضوئية (جدول رقم 7-4)، وهذه الكاشفات

على اختلاف أنواعها واستخداماتها ما هي الا عبارة عن مفتاح كهربي (ملامس) يكون مفتوحا فى الوضع الطبيعي (OFF)، ويغلق في حالة التواجد الحراري (ON).

ج) أبواق الإنذار ووحدات الاتصال بشرطة المطافئ.

د) وحدة التحكم وهى عبارة عن دائرة إلكترونية تتلقى إشارات من كاشف الحريق الذي إستشعر بوجود مصدر حرارة ومن ثم تنقل الأمر آليا لتشغيل أبواق الإنذار (السرينة) أو وحدة الاتصال بشرطة المطافئ.

أما بخصوص أنظمة الإنذار من الحريق المستخدمة في المتاحف فعادة يكتفي باستخدام كاشفات الدخان والذي يعمل عند وجود مصدر دخاني وتثبيت هذه الكاشفات أسفل السقف وفي الأماكن البعيدة عن التواجد الطبيعي للمصادر الحرارية فمثلا في مصنع الحديد والصلب وفي الأفران وغيرهما لا نستطيع التعامل علي هذه الشاكلة بل لها من النظم المغايرة والتي تضمن الإستشعار عن تواجد مصدر حريق فعلا.

جدول رقم 7-3: مجموعة الكاشف الحراري

م	نوع	التعريف التقني
1	كاشف درجة الحرارة المنخفضة	يعمل عند درجة حرارة 58 مئوية وأفضل ارتفاع لوضعه هو 9 م
2	كاشف درجة الحرارة المرتفعة	يعمل عند درجة حرارة 88 مئوية وأفضل ارتفاع لوضعه هو 6 م
3	كاشف معدل ارتفاع درجة الحرارة	أفضل من النوعين السابقين لأنه يعتمد علي الزيادة السريعة في درجة الحرارة مما يؤكد من وجود مصدر حراري غير معتاد فيصدر الاشارة أولا ثم التشغيل الآلي إذا استمرت هذه الزيادة الحرارية

تصل شدة الصوت الإنذاري الصادر عن المنظومة إلي حوالي 85 ديسيبل لتنبيه أمن المصنع، كما انه لايمكن إيقاف صوت النفير طالما أن الدخان موجود بمكان الكاشف وتوجد أنواع من الكاشفات تعمل عند جهد 220 ف. تيار مستمر كما يتوافر منها ما يعمل علي نفس الجهد ولكن بالتيار.

المتردد، وفي هذه الحالة تستخدم بطارية خارجية لضمان إستمرارية عمل الكاشف ووحدة التحكم في حالات إنقطاع التيار الكهربي عن الموقع الصناعي أو فصل المصدر العمومي لأي من الأسباب، كما انه يوجد أنواع من هذه الكاشفات تكون مزودة بريش تلامس لاستخدامها مع نظام الأمن العام كما سيتضح فيما بعد، وتزود هذه الكاشفات بضاغط اختبار لاختبار عمل الكاشف دوريا بمعدل مرة كل أسبوع على الأقل للتأكد من سلامته فعند الضغط على هذا الضغط يجب أن يعطى الكاشف إنذارا ولمدة 6 ثوان متصلة وعند انخفاض جهد بطارية الكاشف يعطى صوت صفارة مميز لتنبيه الفنيين لتغيير البطارية أو لمعاودة شحنها.

جدول رقم 7-4: مجموعة الكاشف الضوئي

م	نوع	التعريف التقني
1	كاشف المجري الضوئي Duct	يعمل بأسلوب تشتيت الحزمة الضوئية في الكاشف إذا ما تولد حريقا معلنا بالانذار المباشر ودون تأخير
2	كاشف اللهب flame	يعتمد علي الأشعة تحت الحمراء في المساحات المحدودة (25 متر) ومنه نوعيات حساسة شديدة الدقة ولا يعطي تشغيل زائف
3	كاشف شعاع اللهب beam	يعمل تلقائيا مع الارتفاعات العالية (25 م) ويزيد من أهمية درجة الحساسية إعتمادا علي شعاع الجاليوم أرسنيد بالاشعة الحمراء

نستطيع إيجاز مكونات الوحدات المتتابعة لنظم الإنذار المستخدمة كما في الجدول رقم 7- 5.

ثانيا: أسباب تشغيل المنظومة تلقائيا

يستخدم هذا النظام عموما كي يصدر إنذارا بشكل ما عند حدوث أمر غير طبيعي، وعلى سبيل المثال يجب أن ينشط في الحالات التالية:

1- دخان بالعنابر
2- تسرب في المواد قابلة الإشتعال (سولار وبنزين ...) داخل حيز المنشأة
3- ارتفاع الحرارة في موقع داخلي
4- تسرب الغاز الطبيعي المستخدم في بعض الأجهزة أو المعدات

كما يتم توصيل الدائرة الإلكترونية بجميع الكاشفات المختلفة علي أي من جهد التشغيل المقنن (مثل العادي 220 ف. أو البطارية 12 ف. وهكذا) كدائرة موحدة بواسطة وحدة التحكم.

جدول رقم 7- 5: الوحدات المتتابعة لنظم الإنذار

م	أسم الوحدة	التعريف التقني
1	التحكم control	تحتوي علي مدخلات المصدر وشاحن البطارية ووحدة عدم قطع التيار للتأكد من سلامة استمرارية التشغيل وتخصص وحدة تحكم لكل منطقة علي حدة والتي توصل مع الكشفات أو مفاتيح النداء الميداني ثم تتصل مع الوحدة المركزية للتحكم
2	المشغلات الدقيقة addressable	تقوم بمراجعة دورية منتظمة علي حالة الدوائر الكهربية المختلفة ومكوناتها والمتصلة مع وحدة أو وحدات التحكم للتأكد من سلامتها مع احتواء الاشارات المرئية والسمعية في حالة الأخطاء إن وجدت
3	الإتصالات Data Communication	تستقبل الاشارات الميدانية سواء المرسلة مباشرة يدويا أو آليا فتصدر الاشارات الضوئية والسمعية إلي الأماكن المحددة لكل خطأ طبقا لبرنامج التشغيل
4	التوصيلات الكهربية Connections	تتم جميع التوصيلات الكهربية علي جهد 24 ف تيار مستمر ولهذا تعزل التوصيلات داخل مواسير بي في سي مستقلة بها ويجب إبعادها عن أية دوائر إلكترونية
5	مفاتيح الإنذار الميداني Field Calling Points	تعمل عند الطوارئ وتركب عادة علي ارتفاع 1.4 م من سطح الأرض بحيث لا تزيد المسافة البينية بين كل مفتاحين عن 30 م لأنها تخطر وحدة الاتصالات مباشرة والتي ترسلها تباعا إلي الجهات المختصة
6	كاشف الحريق Detectors	متعددة الأنواع وتعتمد علي ظروف ومواصفات المكان

7 -2 : الإستشعار الأمني

نظرا للأهمية البالغة في بعض الصناعات ومن خطورة تداول أي من المواد الخطرة مثل المواد المشعة في المفاعلات أو المواد المخدرة في مصانع الأدوية أو في المستشفيات أو المقتنيات الأثرية في المتاحف ... وهلم جرا) نجد أنه من الوضع الجوهري من الناحيتين الأمنية والهندسية ضرورة وضع النظم الكهربية الكفيلة بالحفاظ علي مثل هذه المناطق معزولة عن العامة من الأفراد وغير المختصين ومن ثم كان ضروريا وضع الدوائر الكهربية الإلكترونية دائما لتحقيق هذا الهدف. لهذا السبب نفتح جزءا مختصرا عن هذه التقنيات في هذا البند من أجل إلقاء الضوء علي الأسس العلمية والهندسية التي يجب أن تتوافر لضمان حماية المكان بشكل عام ومقتنايته بصفة خاصة ويعرض الجدول رقم 7- 5 الوحدات المتتابعة لنظم الإنذار التحذيرية أو الوقائية.

أولا : الإنذار ضد فتح الأبواب والنوافذ

تشمل هذه الدوائر نوعيات أساسية متباينة من حيث أسلوب عملها أو فكرة تشغيلها ونتناولها باختصار شديد ودون الدخول في تفاصيلها لوضع النقاط علي الحروف داخل هذا الإطار الأمني أو بالمعنى الأصح الإطار التأميني للحفاظ علي سرية هذه الأماكن:

الشكل رقم 7 – 2

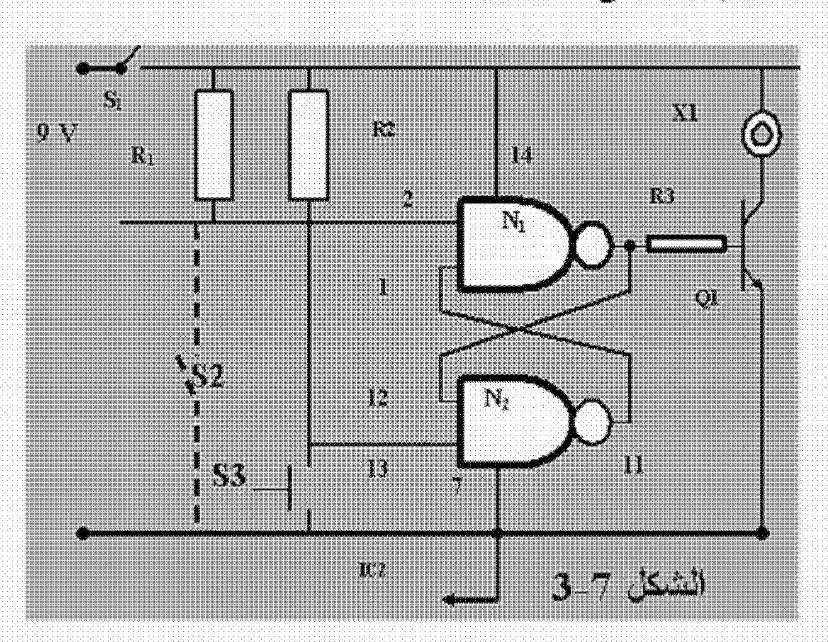
الدائرة الأولى:

يتم تغذية الدائرة الكهربية بواسطة جهد مستمر بعيدا عن مصدر القوى الكهربي الموجود بالمنشأة وعادة تكون بطارية جهد 6 أو 12 ف. (الشكل رقم 7-2) وذلك عن طريق مفتاح توصيل رئيسي S كما يتم توصيل المفاتيـــــح الفرعية مثل S_1, S_2, S_3 على التوازي معاويخصص كل مفتاح فرعي للجزء المحمى مثل الأبواب أو النوافذ. هذا النوع من المفاتيح عبارة عن مفتاح صغير بريشـــه (ملامسات) تثبت على النافذة أو أحد الأبواب وعادة يكون المفتاح مفتوحا (OFF) عندما يكون الباب أو النافذة المثبت عليها مغلقا. عندفتح أي من النوافذ أو الأبواب (أو محاولة فتحه في بعض الأماكن) تغلق ريشة المفتاح المثبت علية، ويصبح في الوضع مغلـــــق كهربيا (ON)، ويمكن أن يتم ذلك بتجزئة جهد البطارية على مقاومتين R_1, R_2 ومن ثم يظهر علي الثايرستور علي جهد كاف لإشعاله، وهو الجهد المطبق على المقاومة وعلي ذلك يمر تيار في ملف الجهاز التنبيهي (الجرس) عبر الثيرثتور محدثا صوتا معلنا فتح أحد الأبواب أو النوافذ. يمكن إبطال تشغيل الصوت الصادر من الدائرة فقط عند فتح المفتاح الرئيسي Sأي عند فصل منبع التغذية عن الدائرة ويكون ذلك من حجرة التحكم المركزي بالموقع.

الدائرة الثانية:

تعتمد هذه الدائرة علي بوابتين N_1 , N_2 موصلتان على شكل فليب فلوب وهى تمثل وحـــــدة الذاكرة (الشكل رقم 7 – 3). كما أن هنك بوابة N_4 تعمل كدائرة عاكس وعازل فى نفس الوقت وخرجها هو الذى يوجه الترانزيستور الأساسي TR_1 الى التوصيل أو الفصل حيث أن الترانزيستور يعمل كمفتاح لتغذية الرنان BZ . يتم تغذية الدائرة بواسطة جهد رئيسي عادة من بطارية جهدها 9 ف. عن طريق المفتاح الأساسي S_1 وهناك مفتاح ثان S_2 وهو بمثابة مفتاح حماية صغير (Micro Switch) يتم تثبيته على عادة علي باب الخزانة المراد حمايتها من السرقة وعادة ما يكون المفتاح S_2 مغلقا إذا أغلق باب الخزانة والعكس صحيح.

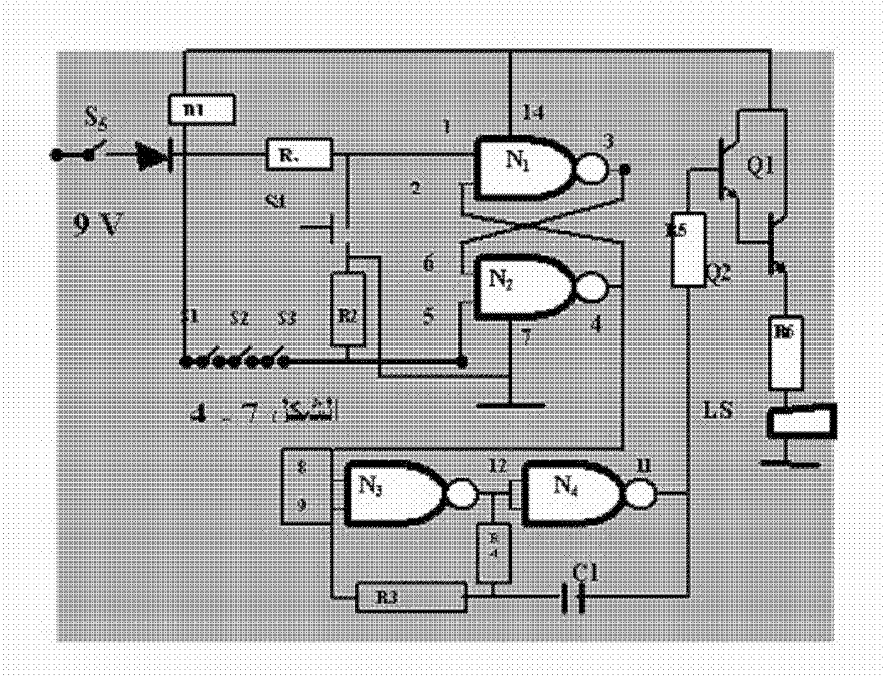
فبغلق المفتاح S_1 يشحن المكثف C_1 عن طريق المقاومة R_3 وأثناء شحن المكثف يكون خرج N_3 فى المستوى العالي (H) بينما يكون خرج البوابة N_4 فى المستوى المنخفض (L) وبالتالي فــإن الترانزيستور TR_1 يكون (OFF) ولا يمر تيار فى الرنان BZ ولا يصدر صوتا من الدائرة. كما أنة عندما يكون خرج البوابة N_3 فى المستوى العالي (H) فإن ذلك يؤدى الي مرور تيار خلال R_1 الى الموحد الباعث للضوء D_1 كما أن فترة إضاءة D_1 هى الفترة الزمنيةِ التى يجب فى خلالها غلق باب الخزانة وقبل أن يكون الرنان جاهزا للعمل وهو نفسة زمن شحن المكثف والذى يقدر بحوالى عشر ثوان.



الشكل 7-3

L الى المستوى المنخفض (N_3 أما بعد نهاية زمن شحن المكثف وعندئذ يتحول خرج مما يعنى أن الدائرة جاهزة لإصدار صوت إذا ما D_1) ويطفئ الموحد الباعث للضوء والذي اغلـــق خلال S_2 تغيرت حالة المفتاح

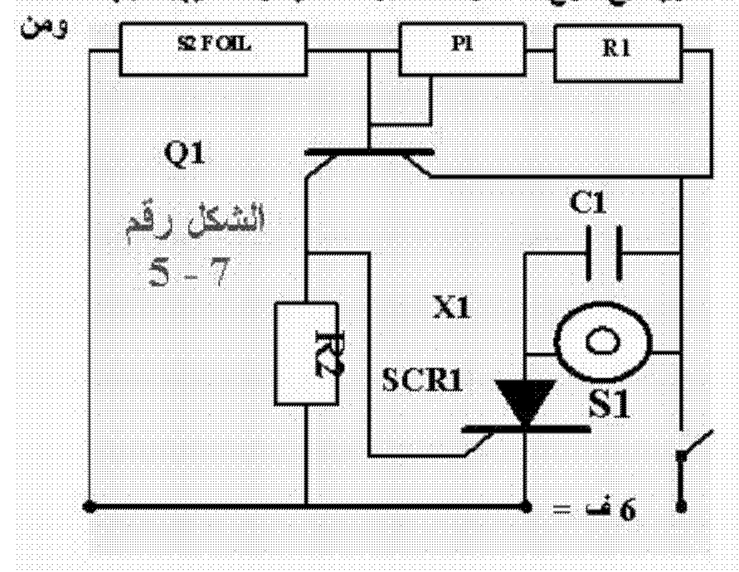
الفترة الزمنية لشحن C_1. كما أن الشحنة التي على المكثف C_1 بعد تمام عملية الشحن تكون كافية لقدح N_2 حيث يظل خرجها ثابت عند المستوى العالي H. إذا فتح باب الخزانة فإن هذا يعنى أن وضع المفتاح S_2 سيتحول الى وضع الفتح (OFF) فيصبح دخل N_1 (L) ويتحول خرج N_1 الى H مما يؤدى الى تحول خروج العاكس N_4 الى المستوى (H) فيؤدى الى تحويل الترانزيستور TR_1 الى حالة التوصيل ON فتنخفض المقاومة الداخلية لوصلتي الباعث والمجمع ويمر تيار خلاله مـــــن مصدر التغذية الى الرنان BZ ليصدر صوت الإنذار معلنا فتح بلب الخزانة. ولا يتوقف الصوت الصادر من BZ إلا بفصل مصدر التغذية اى فتح S_1 من حجرة التحكم المركزي بالموقع.



الشكل 7 _ 4

الدائرة الثالثة:

) في النوافذ والأبواب المراد إشراكها في نظام الحماية كما S_1-S_5 توضع المفاتيح (
, وفي حالة زيادة 50 k Ω في حدود R_1:R_5 يجب أن تكون مجموع المقاومة الكلية
عدد المفاتيح يجب تقليل المقاومة الموصلة على التوالي بحيث تصبح المقاومة الكلية
عن طريق غلق S_1-S_5 - في البداية يجب ضبط الدائرة وذلك بغلق المفاتيح 50 k Ω
حتى تكون دائرة الإنذار في حالة P_1 النوافذ والأبواب المثبت عليها ثم تضبط المقاومة
توقفي الأوضاع المعتادة (الشكل رقم 7-4)، أما في حالة خروج العاملين المختصين
عند محاولة دخول أي متداخل الى الداخل ومن ثم S_6 من المكان يتم غلق المفتاح
يصبح هنـــاك احتمالان هما إما قطع الدائرة الأمنية (أي في هذه الحالة يكون جهد
وبالتالي يصبح خرج بوابة (H) عاليا IC_1، فيصـــبح خرج 15V حوالي X النقطة
فيعمل المتمم المركب (H) عاليا IC_1, IC_2 المؤلفة من خرج المكبرين OR (أو)
ويصدر جرس، أو أن يقوم المتداخل X_1 بالدائرة، ومن ثم يعمل الرنان الإنذاري
بإحداث دائرة قصر كهربي على أحد المفاتيح من أجل تعطيل دائرة الإنذار (مما تقل معه
، (H) عاليا IC_2 ، ويصبح خرج X مقاومة الدائرة الأمنية وهكذا يهبط جهد النقطة
ومن



الشكل رقم
5 - 7

ثم يتحول خرج بوابة (أو) OR ليكون عالياً (H)، فيعمـــل المتمم ويصدر صوت الإنذار أيضا).

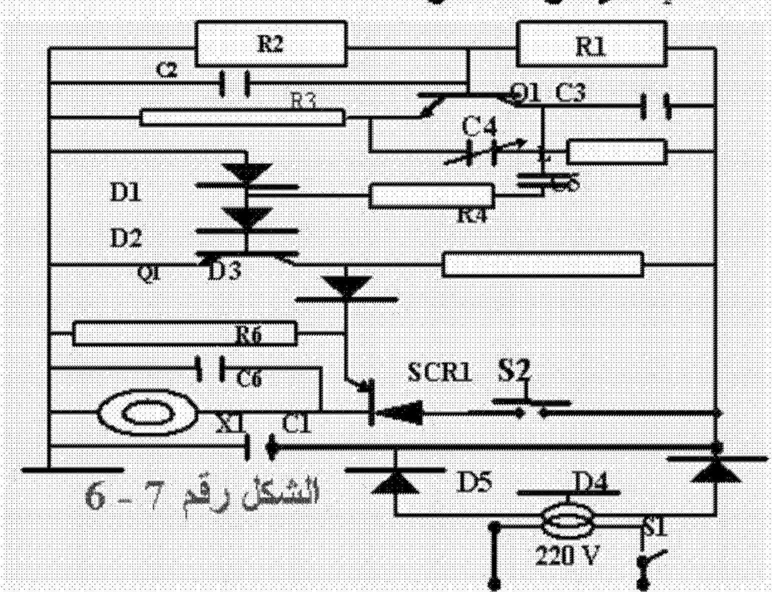
فى كلتا الحالتين يقوم المتمم بغلق ريشته المفتوحة عادة مؤديا إلي ثبات لحالة المتمم مع عمل الجرس ويظل هكذا حتى يتم فصل منبع التغذية للدائرة وذلك بفتح المفتاح S_6 من مقر حجرة التحكم المركزي.

ثانيا : الإنذار ضد كسرالنوافذ

تؤدي هذه الدائرة غرضا محددا ألا وهو التنبية ضد كسر النوافذ حيث أنه ظهرت وتعددت المباني الزجاجية وبالتالي أصبحت النوافذ زجاجية علاوة علي أنه معمولا بنظام هذه النوافذ منذ أمد طويل وخصوصا في البلدان التي لها المناخ البارد القارس مثل كندا وروسيا والسويد وفنلندا وكوريا وغيرهم الكثير، وكالمعتاد يتم تغذية الدائرة الكهربية المستقلة عن مصدر الطاقة الرئيسي كمبدأ عام من مصدر جهد مستمر وعادة تكون بطارية بجهد 12 أو 6 ف وتعمل الدائرة كما سبق التنويه في الدوائر السابقة بالإستعانة بمفتاح كهربي رئيسي من أجل التحكم في وقت تشغيل الدائرة من عدمه عند عدم كسر اى من زجاج النوافذ S_1وتنشط الدائرة كهربيا بواسطة غلق المفتاح نجد أن جهد انحياز القاعدة (S_2) والأبواب المثبت عليها رقائق الألومنيوم (S_2وذلك لاتصالها بأرضى الدائرة عن طريق OV, يساوى C_1 للترانزيستور فلا يمر التيار من (OFF) الشكل 7-5) وعلى ذلك يكون الترانزيستور فى وضع فصل غير كافى لإشعال الثايرستور فلا يمر تيار (VG) SCR_1خلاله ويكون جهد بوابة ولا يصدر صوتا ، إذا كسر الزجاج إحدى النوافذ المثبت عليها X_1خلال مف الجرس رقائق الألومنيوم فأن هذا يؤدى الى تلف تلك الرقائق وكذلك انفصال قاعدة ترانزيستور على جهد الانحياز الأمامي عن طريق Q_1 عن ارضى الدائرة وبذلك تحصل قاعدة C_1 الى Q_1 يتحول (ON) الى حالة التوصيل Q_1ليتحول P_1 حيث تضبط R_1 , P_1 فيتولد عليها فرق جهد كاف لإشعال R_2 وضع التوصيل يمر تيار الترانزيستور عبر فيصدر صوتا من جهاز X_1 عبر ملف الجرس SCR_1وبذلك يمر تيار من SCR_1 الإنذار دالا على كسر زجاج إحدى النوافذ يمكن إسكات صوت الإنذار فقط عند فصل ولضبط الدائرة بفصل إحدى S_1مصدر التغذية عن الدائرة بفتح

طرفي رقيقة الألومنيوم ويوصل جهاز قياس فرق جهد (V.D) على طرفي المقاومة R_2 وتضبط P_1 حتى يكون فرق الجهد على R_2 يساوى 1V .

ثالثا: الإنذار عن اللمس



الشكل رقم 7 - 6

تظهر دائرة الإنذار عند لمس مقبض الباب (الشكل رقم 7 – 6) كعامل هام يعطي إنذارا مبكرا عن بدايات محاولة الإختراق فهذه الدائرة تصل علي مصدر كهربي من خلال دائرة توحيد موجة كامله باستخدام اثنين من الموحدات السليكونية D_4 , D_5 مع مكثف الترشيح C_1 وذلك لإزالة التموجات المصاحبة لخرج دائرة التوحيد أي تصبح الموجة بدون شوائب، كما يلحق بالدائرة الترانزيستور Q_1 والذي يعمل كمذبذب بالمقاومتين R_1 , R_2 الموصلتان كمجزئ خرج دائرة التوحيد على طرفي C_1 ويمكن الحصول علي جهد انحياز قاعدةVR_2 عند نقطة اتصالهما معا Q_1 ، أما المكثف C_2 فيعمل كمكثف تنعيم حيث يمرر اى ترددات الى أرضي الدائرة لاستقرار جهد انحياز قاعدة Q_1 الذى بدوره يعمل على استقرار المذبذب،

أما الملف L_1 فيكون دائرة رنين توازى مع المكثف C_3 ولذلك يلزم ضبطه للتحكم في تردد المذبذب حيث أن تردد المذبذب(تردد دائرة الرنين) يحسب من العلاقة الأساسية لتواجد الرنين وهي:

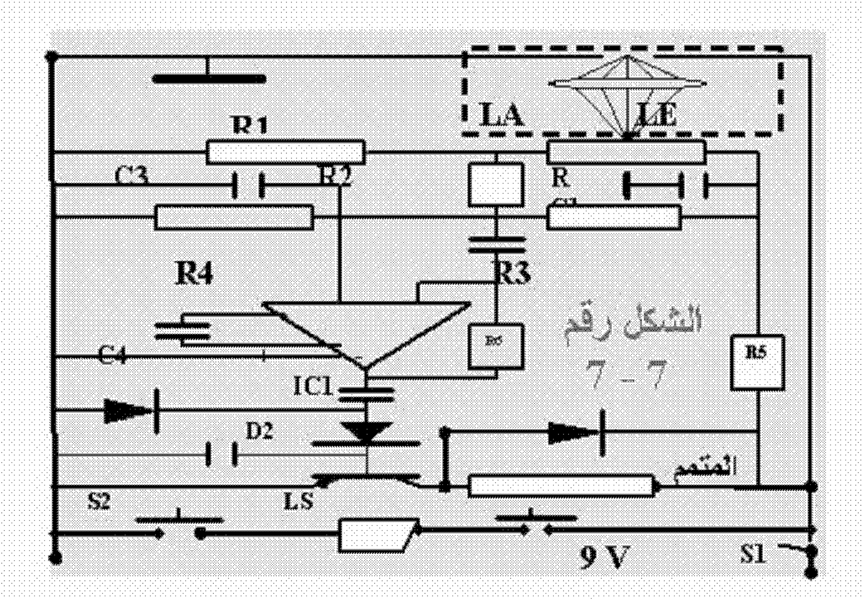
$$F = 1/ 2\ \Pi\ ?\ LC \quad Hz \qquad (7\text{-}1)$$

حيثΠ = 3.14 و L قيمة حث الملف بالهنرى، C سعة المكثف بوحدة فارد.

عند غلق المفتاح S_1 يبدأ المذبذب بالعمل ويمر خرج المذبذب عن طريق مكثف الربط C_5 وهو الذي يمنع مرور أى تيار مستمر ويمرر الإشارة المترددة فقط من خارج المذبذب، حيث يتم توحيد خرج المذبذب ليمر النصف السالب للإشارة إلى أرضي الدائرة عن طريق الموحد D_2 ثم إلى قاعدة الترانزيستور Q_2 ليتحول الى حالة التوصيل (ON) فينخفض الجهد على طرف المجمع V_C إلى ما يقرب من V_o ويوضع D_3 فى الانحياز العكسي وبذلك يحصل طرف البوابة للثايرستور SCR على جهد RS بقيمه V_o تقريبا فيكون غير قادر على التوصيل فلا يمر تيار خلال ملف آلة التنبيه (جرس الإنذار) X_1 وهكذا لا يصدر أي صوت من الجهاز. إذا ما لمس شخص مقبض الباب المحمي والموصل بالدائرة عن طريق النقطة P_c فإن السعة الناشئة عن يد الشخص الذى لمس مقبض الباب تكون كافية لإيقاف عمل المذبذب حيث أن المكثف C_4 (المتغير) يتم ضبطة بحيث يتوقف المذبذب عن العمل بمجرد أن يلمس أى شخص النقطة P_c .

إذا توقف المذبذب عن العمل يتحول الترانزيستور Q_2 إلى حالة الفصل (OFF) مما يؤدى إلى ارتفاع جهد المجمع له V_c فيحول D_3 إلى الانحياز الأمامي ويمر تيار من خلاله إلى R_6 مما يؤدى إلى تولد جهد على طرفيها يكون كافيا لاشتغال الثايرستور SCR الذى يتحول إلى حالة التوصيل ON فيمر التيار خلال ملف آلة التنبيه (الجرس X_1) ليصدر صوت الإنذار ويمكن وقف صوت الإنذار هذا فقط بالضغط على S_2 الذى يفتح دائرة SCR مما يؤدى إلى مرور التيار فى دائرة الجرس X_1 ولا بد أن يكون هذا الإيقاف من غرفة التحكم المركزية بالمنطقة الصناعية هذه . لزيادة حساسية الدائرة يمكن ضبط المكثف C_4 عمليا حتى يصدر صوت الجرس بمجرد لمس النقطة P_c وذلك بوضع C_4 عند أقل قيمة وزيادة قيمته

تدريجيا مع ملامسة النقطة P_c بأحد أصابع اليد حتى نقطة توقف المذبذب وانطلاق صوت الجرس X_1. أما إذا لم يتم ضبط المكثف بالصورة الصحيحة فإن السعة الناشئة عن ملامسة P_c لن تستطيع إيقاف عمل المذبذب ومن ثم لن يصدر صوت X_1 وهكذا يتضح ضرورة ضبط الدائرة بالطريقة الصحيحة بواسطة C_4.



الشكل رقم 7 – 7

رابعا: إحتراق الأجسام للحجم الفراغي

هذا النهج أساسيا في الأماكن الواسعة والتي بها مقتنيات ثمينة أو خطرة وتعمل هذه الوائر بأسس موحدة حيث يمكن استخدام الدائرة الكهربية لكشف منطقة فراغية محددة وذلك بأكثر من أسلوب مثل:

الدائرة الأولي: الإضاءة العادية

يتم تغذية هذه الدائرة من مصدر جهد مستمر 9 – 12 ف مستقلا عن المصدر لرئيسي للكهرباء ومغذيات الإضاءة التي تصد الأشعة التي تغطي الحجم الفراغي تحت الحمية لا بد وأن تكون أيضا من مصدر كهربي

مستقل ويتم إختيار مواصفاته لتكون متوائمة مع نوعية الإضاءة
وأحمالها. ويوضع مصدر الإضاءة ويضبط بحيث يسقط الضوء مباشرة
وبتركيز عالي على LDR . تمثل المقاومة الضوئية المستخدمة مع R_1
مجزئا لجهد المنبع حيث يعتمد الجهد على كلا من المقاومة الضوئية (
LED) و R_1 وهي التي تعتمد مقاومتها على شدة الإضاءة الساقطة
عليها وهو ما ينقل جهدا من نقطة إتصالهما إلى دخل مكبر العمليات IC_1
الذى يوصل فى الدائرة كعاكس، وكما أن المقاومتان R_6 , R_2 تستخدمان
لعمل تغذية عكسية وذلك لضبط قيمة كسب العاكس حيث أنه يجب أن يكون
كسب العاكس عاليا لزيادة حساسية الدائرة . أما المكثف C_2 فيستخدم
كمكثف ربط بين مرحلة الدخل (R_1 و LED) ومرحلة العاكس (IC_1)
والذي يمنع مرور الجهد المستمر إلى العاكس، بينما ينتقل من خلالة الجهد
المتغير الناتج عن تغير مستوى الإضاءة الساقطة على المقاومة الضوئية
LED وهذا التغيير هو الذى يظهر فى خرج المكبر (الشكل رقم 7 – 7).
خرج مكبر العمليات IC_1 يمر عن طريق مكثف الربط الثاني C_2 الذى يربط
بين خرج المكبر ودخل مرحلة التوحيد ليتم توحيد خرج المكبر بواسطة
الموحدان D_1 , D_2 والمكثف C_6 وهو الذي يقوم بتوشيح وتنقية خرج
الموحدين لزيادة مستوى الإشارة ودقتها بإزالة التموجات من أجل زيادة
استقرار الدائرة، حيث يكون خرج دائرة التوحيد عبارة عن جهد موجب
على طرفي المكثف C_6 والموصل مع قاعدة الترانزيستور Q_1 مما يؤدى
الى تحويل Q_1 إلى حالة التوصيل (ON) فينشط المتمم الذى يعتبر حمل
كهربيموصل على مجمع الترانزيستور، ومن ثم يغلق المتمم ملامساته
(ريشته)، وهكذا يغلق مسار التيار المار فى ملف الدائرة الصوتية فيصدر
منها صوتدالا على أن الضوء السقط على المقاومة الضوئية LED قد
تغيرت شدته، بمعنى انه تم قطع الشعاع الضوئي نتيجة إختراق أحد
الأشخاص أو الأشياء المتحركة داخل الحجم المحمي بالدائرة.
لمنع مرور التيار من منبع التغذية إلى الدائرة D_3في هذه الدائرة يستخدم أيضا موحدا
. أما IC_1 علي إتزان مكبر العمليات C_4كنوع من الحماية للدائرة ذاتها ويعمل المكثف
تعمل على خفض R_5 فيعمل كمكثف ترشيح لجهد التغذية كما أن المقاومة C_1المكثف
جهد المنبع ليتلاءم مع

تغذية الدائرة IC_1 وأيضاكمحدد للتيار المار في الدائرة. أخيرا يمكن قطع الصوت الصادر من السماعة كالمعتاد باستخدام القاطع S_2 أو فصل التغذية عن الدائرة باستخدام المفتاح S_1 من حجرة التحكم المركزية بالموقع.

الدائرة الثانية: الأشعة دون الحمراء

تعمل هذه الدائرة بالأشعة دون الحمراء إعتمادا علي إمكانيات الأشعة دون الحمراء من حيث عدم قدرة الإنسان على رؤيتها حيث أمكن أيجاد نظام حمية ضد تدخل أو تسلل أفراد ففيها توضع دائرتي إرسال وإستقبال بحيث تكون الأشعة الصادرة من دائرة الإرسال يمكن استقبالها مباشرة على عنصر حساس لتلك الأشعة في دائرة الاستقبال ويتعامل معها وعندما يتم قطع هذا الشعاع يصدر إنذارا تحذيريا.

1- دائرة الإرسال

في هذه الدائرة يتم تغذية دائرة الإرسال عن طريق الإرسال عن طريق المحول الخافض T حيث يخفض جهد المنبع أما المكثف C_1 فيعمل كمكثف شحن وتفريغ ويوصل على التوازى مع المبين LA لإزلة الشوشرة المصاحبة لجهد المنبع وتنقيتهاوذلك لزيادة استقرار الدائرة، وهذا المبين يصدر إضاءة عند مرور التيار المناسب لها وهي التي تسقط على مرشح الأشعة تحت الحمراء دون غيرها إلى دائرة الاستقبال والمفتاح S يستخدم لوصل وفصل جهد المنبع للدائرة.

2- دائرة الاستقبال

تتم تغذية دائرة الاستقبال بواسطة قنطرة توحيد الموجة الكاملة (D_1 ; D_4) حيث تقوم بتوحيد جهد المنبع الذى يتم خفضة بواسطة المحول T ويرشح خرج دائرة التوحيد باستخدام المكثف C_1 كما أنه يرفع الجهد بنسبة 140 %، وكذلك المقاومة R_1 تستخدم لتحديد قيمة التيار المار فى D_5 الذى يعطى إضاءة عند غلق المفتاح S_1 دلالة على بدء مرور التيار فى الدائرة. تستقبل المقاومة الضوئية R_8 الأشعة الصادرة من دائرة الإرسال عبر مرشح الأشعة تحت الحمراء IRF، فعند عدم قطع الشعاع وسقوطة على R_8 يؤدى إلى خفض قيمتها الاومية وهكذا يقل الجهد الواقع عليها ومن ثم ينخفض الجهد الواقع على الطرفين (1 ، 2) للبوابة وبذلك يكون الخرج عند النقطة (4) مازال منخفضا (L) كما يعكس ذلك الجهد

بواسطة N_1 ثم بواسطة N_2 ليكون الخرج عند النقطة (4) مازال منخفضا (L) مما يؤدى الى وضع الموحد D_6 في الانحياز العكسي وعندها لا يمر تيار كهربى عبر D_6 إلى المذبذب مما يوقف عمل المذبذب فيظل فى حالة خاملة ولا يعمل ولا يصدر صوتا من الدائرة. أما عند قطع الشعاع من دائرة الساقط من دائرة الإرسال إلى دائرة الاستقبال نتيجة مرور أحد الأشخاص بين الدائرتين ترتفع قيمة المقاومة R_8 (L. D. R) مما يزيد الجهد الواقع عليها فيحول بين مستوى الجهد الواقع على الطرفين (1 ، 2) للبوابة N_1 إلى المستوى العالي H ويصبح الخرج عند النقطة 4 للبوابة N_2 فى المستوى العالي H مؤديا الى تحويل انحياز الموحد D_6 إلى الانحياز الأمامي فيمر من خلالة تيار إلى دخل المذبذب (8 ، 9) للبوابة N_3 ويشحن المكثف C_2 ، وهو الذى يسبب تنشيط المذبذب المكون من البوابتين N_3 , N_4 والمكثف C_2 والمقاومتين R_2 . R_3 فيبدا فى العمل مولدا لموجة مربعة ترددها يحسب من العلاقة:

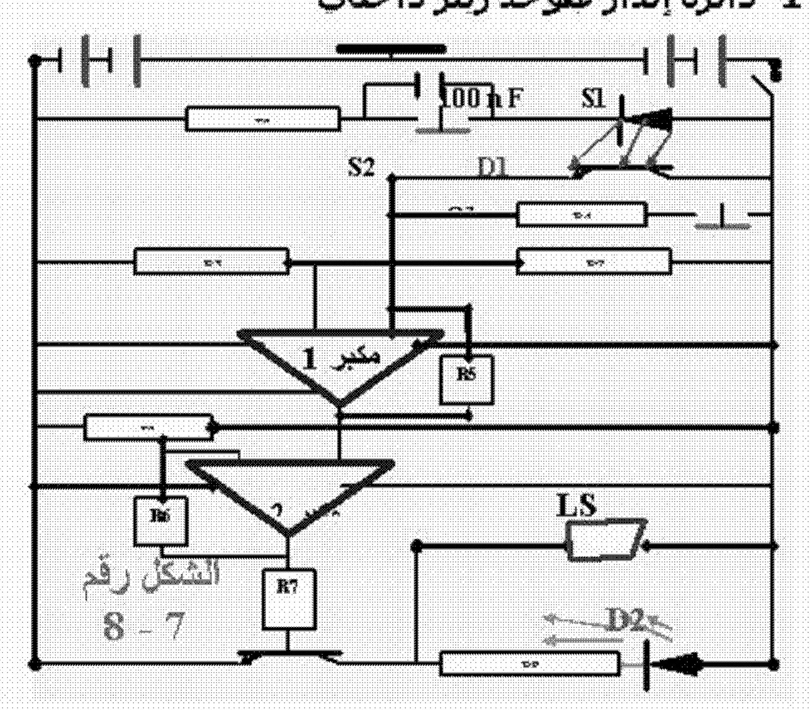
$$F= 0.9 / (P_3 + R_3) C_2 \qquad Hz \quad (7\text{-}2)$$

يستمر المذبذب في العمل ويغذى خرج المذبذب عن طريق R_4 إلى قاعدة الترانزيستورQ_1 الذي يعمل كمكبر قدرة عندما يكون خرج المذبذب في المستوى العالي (H) يتحول الترانزيستور Q_1 إلى وضع التوصيل ON حيث يمر تيار خلال ملف السماعة فيصدر منها صوتا، وإذا كان خرج المذبذب في المستوى المنخفض L يتوقف الصوت الصادر من السماعة LS ، ونظرا لاستمرار المذبذب في العمل فإن الصوت الصادر من السماعة يستمر إلى أن يتم تغيير حالة المذبذب بينما مدى استخدام هذه الدائرة حوالي 4 م، حيث يتم ضبط حساسية الدائرة بضبط المقاومة P_1 كما يتم ضبط شدة الصوت الصادر من السماعة بواسطة المقاومة المتغيرة P_2، وتستخدم الدائرة لحماية مساحة معينة مع استخدام المرايا العاكسة للأشعة بزاوية 45عند الأركان الأربعة للمساحة المراد حمايتها بهذا النظام لعكس الأشعة الصادرة من دائرة الإرسال إلى دائرة الاستقبال كما يمكن استخدام نظم العدسات المساعدة لتركيز ذلك الشعاع.

خامسا: الدوائر الكهربية الضوئية

تتميز الدوائر الضوئية بالدقة التامة والتي دائما تمثل أعلي مستويات الدقة بين باقي النوعيات الأخرى من البلحث أو الكاشف بشكل علم كما أنها تدخل في نظم وتطبيقات متنوعة معتمدة علي بعض الدوائر الأساسية الإلكترونية المحددة ومنها تلك الدوائر القادة في سياق الفقرات التالية.

1- دائرة إنذار بموحد زينر داخلي



الشكل رقم 8 - 7

ولهذا يجب الحذر عند 220 V يتم تغذية الدائرة مباشرة من مصدر الجهد المتردد التوصيل أو فصل الدائرة حتى لا يحدث أي صدمة كهربية لمستخدم الدائرة. بتوصيل بتوحيد مصدر الجهد المتردد D_1 يقوم الموحد 220 V الدائرة على جهد المنبع تقوم بتخفيض الجهد إلى R_7 والمقاومة

الحد المناسب لتغذية الدائرة المتكاملة IC_1 أما المكثف C_2 فيعمل على ترشيح خرج دائـــرة التوحيد، كما أن الدائرة المتكاملة IC_1 تحتوى على موحد زينر داخلي (ضمن التركيب الأساسى لها) يعمل على تثبيت جهد دائرة التوحيد كما يستخدم في الدائرة زوج من المقاومات الحساسة للضوء R_{12},R_{13} حيث توصلان على شكل قنطرة مقاومات , تتكون من المقاومتين R_1 , R_4 مع R_{13} , R_{12} أحد فرعى القنطرة (R_4 , R_{13}) يوازى أحد دخلى المقارن الداخلي لكاشف الدخان الطرف رقم 5 للدائرة المتكاملة IC_1، أما الفرع الثاني (R_1 , R_{12}) مع المقاومتين (R_2 , R_3) فتغذى طرف الدخل الثاني للمقارن والطرف رقم 4 للدائرة IC_1، كما أنه يجب وضع الموحد الباعث للضوء D_2 ما بين المقاومتين R_{13} , R_{12} بحيث لا يتأثر الضـــوء السقط من D_2 على R_{12} بتصاعد الدخان وذلك ممكنا بوضعهما داخل صندوق مغلق لة واجهة زجاج من ناحية D_2 لتسمح بسقوط الضوء من D_2 على المقاومة R_{13} بجزيئات الدخان. مع تصاعد الدخان تحجب جزيئاته الضوء الساقط من D_2 على المقاومة R_{13} بينما لا تتأثر R_{12} بذلك لوجودها داخل الصندوق مع D_2 وهنا تنخفض قيمة R_{13} مما يؤدى إلى انخفاض الجهد على الطرف 5 فيؤدى إلى إرتفاع جهد الخرج المقارن للطرف 7 ثم يرتفع جهد البوابة VG للثايرستور SCR_1 فيتحول إلى وضع التوصيل ON ويمر من خلالة التيار الما ر فى ملف البوق فيصدر صوتامن الدائرة للتحذير من تصاعد الدخان.

2- دائرة الإنكسار الضوئي

يوجد الكثير من هذه النوعية ونأخذ هنا مثلا من هذه الدوائر المبسطة أحداها ، والترنزيستور الضوئى D_1وتحقيقا لهذا يوضع بالدائرة كلا من الموحد الباعث للضوء بالضوء الصادر من Q_1 داخل صندوق مغلق بينهما مسافة صغيرة لتتاثر قاعدة Q_1 كما ان الصندوق يجب ان يكون من مادة لا يمر من خلالها الضوء حتى لاتتاثر D_1 قاعدة الترانزيستور بالاضواء الخارجية والمتداخلة وذلك لمنع الإنذار الكاذب الذي يؤثر سلبا علي حقيقة الوضع. يثقب أيضا الصندوق من الاسفل وهو ثقب لدخول الدخان ومن اعلى عدة ثقوب لخروجة ويلاحظ ان هناك ثقب واحد للصندوق من اسفل وثلاثة مثلا من أعلى لسرعة انتشار الدخان داخل

الضوء مما يؤدى الى سرعة تأثر الترانزيستور بانتشار الدخان (الشكل رقم 7-8).
المقاومة R_1 كما نلاحظ من الدائرة قيمتها منخفضة وموصلة على التوالى مع الثنائى الباعث للضوء D_1 مما يؤدى الى مرور تيار عالى خلال D_1 يصل الى 50 ملي أمبير وتكون شدة الاضاءة المنبعثة من D_1 حوالى 200 م كانديلا. كما ان الترانزيستور Q_1 من عائلة دار لنجتون ليعطى كسبا عاليا فى الخارج ويكون تيار خرج Q_1 تقريبا مساويا للصفر عند الإظلام التام وتزيد شدة تيار الترانزيستور مع زيادة شدة الاضاءة الساقطة على القاعدة، أما مكبر العمليات المستخدم فى الدائرة IC_1 يعمل كمحول تيار الى جهد (*CURRENT- VOLTEGE CONVERTER*)
وخرج مكبر العمليات يحسب رياضيا من المعادلة

جهد الخرج = - (تيار الترانزيستور× مقاومة R_5) (7-3)

عندما لا يكون هناك أى دخان يكون خرج المكبر تقريبا مساويا 0.7 ف. بينما تيار ترانزيستور يكون 0.2 ميكرو أمبير ولكن عندما يدخل الدخان الى صندوق الموضوع فى Q_1 D_1 يؤدى الى تشتت الضوء الساقط على قاعدة الترانزيستور ولا يصل منه الا القليل الى قاعدة Q_1 فيسبب انخفاض في قيمة خرج IC_1 الذى يصل الى الطرف العاكس (2) للمقارن IC_2 الذى يقوم بمقارنة هذا الدخل مع الدخل الموصل الى الطرف غير العاكس (3) والذى يتم ضبطة بواسطة المقاومة P_1 ليكون أعلى مستوى من خرج IC_1، وبالتالى يتحول خرج المقارن IC_2 الى المستوى العالى H ويصبح جهدا موجبا يحول Q_2 الى حالة التوصيل ON مباشرة مما يؤدى الى اضاءة المبين D_2 وامرار تيار فى LS فيصدر منها صوتا للإنذار عن وجود مصدر الخطر ويستمر الصوت إلي ان يتم الضغط على S_2 .
ولاختبار الدائرة قبل استخدامها للتاكد من انها تعمل بصورة سليمة يتم الضغط على S_3الضاغط يجعل الدائرة تعمل كوجود R_4 (ضاغط الاختبار) فالتيار المار خلال D_2الدخان فيضيء . يصدر صوت من السماعة مما يعنى ان الدائرة تعمل بصورة P_1سليمة . كما انه يجب ان تضبط على

الوضع السليم لها قبل استخدام الدائرة وذلك بأن يتم توصيل مصدر من القدرة بواسطة S_1 مع تغيير وضع P_1 فى اتجاة عكس عقارب الساعة ثم يضغط الضاغط C_3 ويستمر تغيير وضع P_1 حتى نصل إلي الإظلام التام D_2 . عندئذ يرفع الضاغط من علي S_3 وتدار P_1 فى عكس الاتجاة السابق (فى اتجاة عقارب الساعة) ويضغط علي S_3 متتابعا حتى يضيء D_2 ويستمر فى الاضاءة ثم يضغط على S_2 وفى هذه الحالة يجب ان يعتم D_2 فاذا لم يتم ذلك فان هذا يعنى ان P_1 يجب ان تدار مرة اخرى فى اتجاة عكس عقارب الساعة حتى يعتم D_2 وتتكرر هذه العملية من جديد ومن ثم تكون الدائرة جاهزة للعمل.

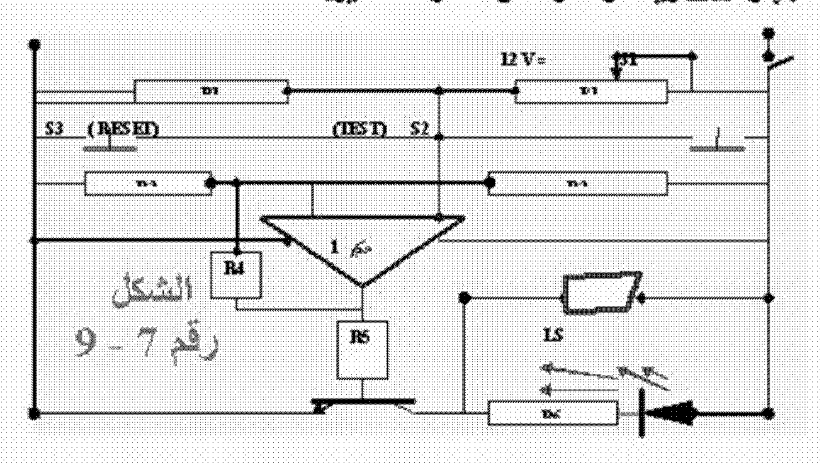
3- الدائرة الإنذارية بدرجة الحرارة

يتم تغذية الدائرة بمصدر جهد مستمر مستقل قيمته 12 ف, وتعمل عن طريق غلق المفتاح S_1 كهربيا وتدخل المقاومتين P_1 , R_1 في الدائرة كمجزئ لجهد المصدر وتعتبر المقاومة الحرارية R_1 ذات المعامل الحرارى الثابت (N.T.C) الجزء الحساس المستخدم فى الدائرة ، فمع إرتفاع درجة الحرارة المحيطة بالمقاومة R_1 التى تقدر قيمتها بحوالى 47 ك. أوم عند درجة حرارة 25°م فان قيمتها تقل مع ارتفاع درجة الحرارة متسببة في انخفاض الجهد الواقع عليها وبالتالي انخفاض جـهد الطرف العاكس (2) لمكبر العمليات IC_1 . فى نفس الوقت تعمل المقاومتين R_2, R_3 كمجزئ جهد موصـل بالطرف غير العاكس (3) كمكبر العمليات IC_1 ، ونظراً لأن المقاومتين ثابتتي القيمة فان قيمة الجهد الواقـــع على الطرف غير العاكس (3) تكون قيمته ثابتة دائماً وتساوى 3/2 من قيمة جهد المصدر الرئيسي وهو 8 ف.تقريبـــاً (الشكل رقم 7 – 9).

في الدائرة توجد المقاومة R_4 كدائرة تغذية عكسية ما بين خرج المكبر والطرف غير العاكس مما يجعل الجهد على الطرف غير العاكس حوالي 7 ف. بينما يتم ضبط المقاومة P_1 حتى يصبح الجهد على الطرف العاكس (2) في حدود 11 ف. أي يكون الجهد على الطرف العاكس أعلى من الجهد على الطرف غير العاكس فى بداية استخدام وتجهيز الدائرة للعمل.

إذا نشأ مصدر حريق فى المكان المراد مراقبة الحرائق فيه وحمايته بواسطة تلك الدائرة فان درجة الحرارة المحيطة بالحساس (R_1) سترتفع

مؤدية إلى انخفاض قيمتها الأومية لأنها ذات معامل حراري سالب (N.T.C) حيث تصل قيمتها إلى حوالي 16 ك. أوم عند درجة حرارة 50° م وهذا الانخفاض في قيمة R_1 ينقلنا إلي خفض جهد الطرف العاكس للمكبر إلى أقل من 7 ف. وهو مستوى الجهد على الطرف غير العاكس 3 وهذا يعني أن خرج المكبر (AMP) الذي يعمل كمقارن في الدائرة سيرتفع مما يؤدي إلى ارتفاع جهـــد انحياز قاعدة Q_1 فيتحول إلى وضع التوصيل ON ويمر تيار خلال LED_1 فيعطي إضاءة كما يمر تيار في سماعة الجهاز L.S ويصدر صوتا من الدائرة للتحذير.



الشكل رقم 7 - 9

7- 3: الدائرة التليفزيونية المغلقة

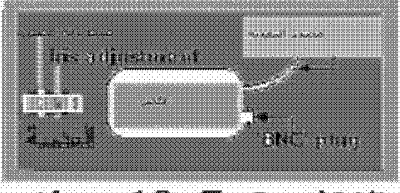
بالنسبة للأعمال الصناعية يأتي موضوع مراقبة الأداء أو كفاءة المنتج علي أول قائمة الأولويات من أجل النهوض بهذه الصناعة مهما كان نوعها أو طرازها ولذلك يأتي موضوع المراقبة بالأجهزة الآلية مثل الحاسب الإلكتروني وكذلك دوائر الفيديو المراقبة للأماكن ولغيره وهذا النظام الأخير يعرف بالمسمي "الدائرة التليفزيونية المغلقة (Circuit TV Closed)" وهي المعروفة إختصارا (C CTV) وهو النظام الذي يقدم إمكانية وضع عين تليفزيونية في مكان ما ومتابعتها من حجرة التحكم

والمراقبة وهذه الطريقة قد يسرتمن تطوير كثير من الصناعات والأعمال الخدمية التى تستعمل كاميرا تليفزيونية لرؤية المنظر والمراقبة دون الحاجة للملاحظة البشرية وعادة تستعمل الكاميرات التليفزيونية فى التحكم فى حركة المرور والبنوك ومراقبة المباني وفي مجال التعليم في فصول متعددة وإجتماعات المجاميع والتوغل فى أعماق البحار ومراقبة العلميات الصناعية الخطيرة والتحكم في الأسلحة الحربية وغالبا ما تستعمل فى التطبيقات حزمة الفيديو بدون الحامل المعدل في نظام الدائرة المغلقة الذى يعمل بالكابل ويمكن أن تكون الصورة ملونة أو أبيض وأسود مع عدم الحاجة لجودة الإذاعة المرئية، كما إن أجهزة الفيديو ليست غالية الثمن نسبيا و محدودة جدا خاصة فى أنواع التصوير الثنائي " أبيض/ أسود"، هكذا نجد أن الدوائر التليفزيونية المغلقة تستخدم بغرض المراقبة أو المتابعة أو التوضيح أو الإشراف.

المكونات الأساسية لكاميرا الإشراف والحراسة عبارة عن كاميرا تليفزيونية وجهاز مراقبة لرؤية الصورة ونجد أنهما موصلان بكابل محورى " 75 أوم " كاميرا الحراسة وهى محدودة بشكل كبير ويمكن وضعها فى أى مكان ، وصمام الكاميرا الفيديو به لوح وجه قطره 2 بوصة فقط ويوجد أيضا صمام خاص فى بعض الأغراض . إن أحد الأنواع المنتشرة هو فيديكون الاشعة تحت الحمراء والذى يكتشف الأشخاص المتلصصين فى الظلام بواسطة الإشعاع الحرارى الصادر من أجسامهم . و تستعمل فى الكاميرا عدسات ذات بعد بؤرى طويل لتجعل الأشياء البعيدة تبدو كأنها قريبة وتدخل العدسة فى وضع حرف C و هو قياس للكاميرا الضوئية وهى نفس العدسات المستعملة فى الكاميرات 16 مم عادة و بالنسبة للتحكم فى التركيز الضوئي وفتحة الحدقة ورقم " F " (aperture) حيث يمكن التحكم فيه آليا فى بعض الكاميرات والمستوى الأعلى لخرج الإشارة المرئية يجعل الحدقة تضيق إذا كان ذلك ضروريا لمنع تشويه زيادة التحميل.

يمكن التحكم عن بعد عن طريق رأس الدوران والميل (Tilt) وله محركان ويتم التحكم فى إحدهما من موضع تحكم لدوران الكاميرا أفقيا أو لمس المنظر والمحرك الأخر لتحريك الكاميرا لأعلى وأسفل ، وهناك

الإضافة الهامة الأخرى لكاميرا الإشراف وهي الغلاف مقاوم للرطوبة بماسح للنافذة ويتم التحكم فيه عن بعد. كذلك يوجد خلاف محكم للكاميرا التي تعمل تحت الماء وهناك أيضا نظام الإشراف بالكاميرات المتعددة فإن كل كاميرا تغذى جهاز المراقبة (***monitor***) الخاص بها (أبيض/ أسود) وتجمع كل لوحات المراقبة أمام شخص واحد لمراقبتها في حجرة المراقبة ، ولكن في بعض الأنظمة الأخرى يستعمل تتابع آلي لتوصيل الإشارة المرئية من الكاميرا المتعددة لجهاز مراقبه واحد بمعدل محسوب مسبقا لإتخاذ قرار آلي



الشكل رقم 7—10 : نظام الدائرة التليفزيونية المغلقة

أولا: مكونات الدائرة المغلقة

أنه يمثل نظاما تغلق فيه الدائرة مع كلّ العناصر ويتم توصيل الصورة مباشرة علي النقيض من نظم التليفزيون المذاع حيث أنّ أيّ مستلم لذلك يرى بشكل صحيح ويستطيع المشاهد أن يلتقط الإشارة التليفزيونية من الموجات الكهرو مغناطيسية من الهواء. أما الدائرة المغلقة لا ترتبط بأي من هذه النظم مثل المايكرويف أو الأشعة تحت الحمراء ... الخ حيث تغلق الدائرة علي الكابلات ولا يتمكن أي شخص من الخارج إلتقاط هذه الصورة داخل الدائرة التليفزيونية المغلقة (الشكل رقم 7 – **10**).

1- كونسول التحكم

كونسول التحكم الأساسى (**6**) يعالج أى من الدخل الذى نحصل عليه من المصادر السبقة من **1**إلى **5** قبل عرضه فى لوحة المراقبة

2- أجهزة العرض

هذه الأجهزة عبارة عن جهاز استقبال إذاعى أو أجهزة مراقبة يمكن مشاهدتها من الإشارات التى يتم عرضها من المصادر (**1**)إلى(**5**) ، ومن المعلوم أن الإشارة التلفزيونية تتم بحيث يجزأ المنظر الذى تنقله الكاميرا التلفزيونية إلى إشارات كهربائية بواسطة الكاميرا وترسل هذه الإشارات بواسطة الموجات الترددات العالية جدا (**VHF**) أو الترددات المتناهية في

القصر (UHF)، ويتم تجميع هذه الإشارة بالتزامن في جهاز الإستقبال لاسترداد المنظر الأصلي على شاشة جهاز الإستقبال المزون أوالثنائي إرسال الصوت يتم بطريقة مشابهة باستعمال الميكروفون ولكن علي موجات صوتية ذات ترددات مختلفة حيث يقوم الميكوفون بتحويل موجات الصوت الي ترددات كهربائية أما السماعة فتترجم التيارات الكهربائة الى موجات صوتية. كما من الأدوات الجوهرية الداخلة في هذا النطاق عديدة نذكر أهمها:

1- البرامج التلفزيونية التى تذاع من محطات التلفزيون ويراد مشاهدتها وتوزيع المشاهدة.

2- مكتبة الشرائط حيث يتم عرض الشرائط المراد مشاهدتها عن طريق جهاز الفيديو كاسيت.

3- الأفلام والشرائح حيث يتم عرض الأفلام السينمائية عن طريق جهاز عرض سينمائى أو رؤية الشرائح والشفافان عن طريق جهاز عرض الشرائح والشففان

4- أستديو الفيديو وهو الصور التى يتم تصويرها بكاميرات الفيديو داخل الاستديو

5- التصوير الخارجي بكاميرا الفيديو لعرض الافلام المراد رؤيتها من الأدوات الجوهرية في هذا النطاق تتأتي آلات التصوير المستخدمة وهي تتبلين بشكل كبير سواء من ناحية الشكل أو الميكانيزم أو الثمن فهي من رخيصة جدا إلي غالية وإلي متوسطة كما أنها تتغير من حيث تقنيتها من طراز إلي آخر ولذلك نلقي سطورا موجزة في الفقرة التالي

3- آلات التصوير

استعمال آلات التصوير الخاصة بلاستديوهات في الدوائر التلفزيونية المغلقة يكون معقدا أحيانا للإقتران مع لوح تحكم آلات التصوير بالمقارنة مع الإرسال التلفزيوني إن الأغلبية الكبيرة من آلات التصوير سهلا نسبيا وتصمم للتركيب على حامل آلات التصوير المعتادة، ويعرض الشكل رقم 7-11 أنواعا من آلات التصوير للفيديو والأكثر شيوعا، وجدير بالذكر أن بعض آلات التصوير تعمل بنظام العدسات المتعددة والتي بها إمكانيات زوايا رؤية مختلفة واللقطات المرئية القريبة والبعيدة، وفي الحقيقة فإن

بعض آلات التصوير للدوائر المغلقة بها عدسات التقريب المركز (نظام الزوم). يبدأ مستوى المنظومة من آلة التصوير التي تخلق الصورة التي سترسل إلى موقع السيطرة، كما يجب أن تزوّد العدسة منفصلة وتشدّ على مقدمة آلة التصوير وجدير بنا التنويه عن أنه يوجد العديد من هذه العدسات ويعرض الشكل رقم 7- 11 عددا من هذه العدسات بجاني آلات التصوير توضيحا للشكل الخاص بها.

ثانيا: مجالات الإستخدام

الإجراءات الأمنية تحتاج عادة إلي هذه النظم في الكثير من الحالات ونذكر بشكل عام أهم إستخدامات الدوائر المغلقة (CCTV):

1- مراقبة المرور على جسر
2- تسجيل داخل فرن خبازة لإيجاد الأسباب
3- مراقبة الإنتاج في مصنع
4- تسجيل للصور المتحركة من دمى بلاستيسين
5-الإستعمال المعلن عنه جيدا في ملاعب كرة القدم
6- مستعمل من قبل مدير مسرح معرض لرؤية الأجزاء المحجوبة لمجموعة
7- في العمليات الجراحية
8- إستخدام غير معلن (سري) في الحافلات او الطائرات للسيطرة على أعمال التخريب.
9- إعادة إنتاج الرؤية لما تم تصويره من قبل بواسطة الأشعة تحت الحمراء لحالات هامة ونادرة.
10- التصوير الفوتوغرافي الجوي من منطاد هواء ساخن
11- تسجيل الحالات النادرة
12-نظام مؤقت لتنفيذ مسح مروري في بلدة ما.
13- المعارض والمحلات الكبرى والأسواق

7-4: التليفزيون التعليمى ETV

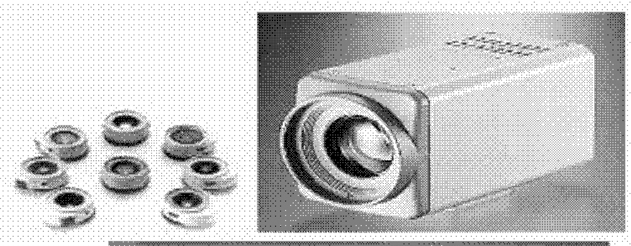
إن التليفزيون التعليمي (Educational Television) أصبح أداة التعليم العصري حيث أن هذه الخدمة يؤديها المدرس فى الاستديو الرئيسي ليصل الدرس إلىكل المدارس او الجهات التى تحتاج هذا الدرس، ومن المتاح

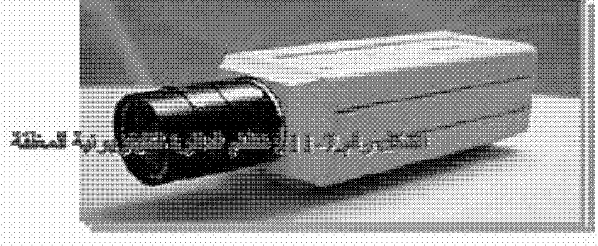
أن يتم ذلك داخل المدرسة أو الجامعة في المدينة الواحدة بحيث يمكن نقل البرنامج التعليمي الذى تؤديه إحدى المدارس إلى المدارس الأخرى (أو الفصول) في نفس المدينة بل ومن الممكن أيضا أنه تصل نفس الخدمة (المحاضرة أو الدرس) الأماكن المتماثلة في مدينة أخرى بل وفي دول أخرى وبالتالى نحصل على تسهيلات لتبادل البرامج التعليمية والثقافية بين المناطق المختلفة أو الدول أيضا.

كذلك يمكن للدائرة المغلقة حمل البرنامج العام من الإذاعة والتليفزيون لتبثها القنوات المختلفة كقنوات إضافية للدائرة كما يمكن نقل البرنامج باستعمال كابل محورى (فى حالة الترددات العالية جدا VHF) وباستعمال الخط المزدوج ذو الفرعين (فى حالة التردد العالية HF) ومن الممكن نقل ستة برامج تليفزيونية فى نفس اللحظة (اسود / ابيض) أو برنامج بالصورة الملونة على طيف ترددى " 40:140 ميجا هرتز "وكابل توصيل قطرة " 0.62 بوصة "، بينما كابل التغذية للمدارس يصل قطرة إلي" 0 , 35 بوصة "، تعزل الكوابل هذه بعازل من الصلب والموصل خارجى للكابل أسطوانى مجوف الشكل ومن النحاس لمنع الإشعاع , والفقد فى هذا الكابل يبلغ 50 ديسيبل لكل ميل طولى كما يمكن تعويض هذا الفقد بمكبرات متتابعة على مسافات كل منها نصف ميل ، وعند كل مدرسة توجد مكبرات توزيع لتغذية الأجهزة الداخلية وتستعمل فى هذة الدوائر كلا من الترنزستورات والدوائر المتكاملة " IC " وتعطى التغذية الكهربائية لكل أربعة دوائر أو خمسة وتركب فوق سطح الأرض ويتم التعويض عن التغير في الإشارة بسبب تغير الحرارة أو التحميل بواسطة ضابط الكسب الأوتوماتيكى (AGC).

إن نوعية الصورة أجود من مثيلتها التى تثبت على الهواء مباشرة ويكون التحابك فى الصورة كاملا بنظام 625 سطر والفرق بين هذه الدائرة المغلقة وبين نظام الإرسال التليفزيون سواء في المعدات أو أن الإشارة فى النوع الثانى ترسل لجهاز الاستقبال عن طريق الفراغ بينما فى النوع الأول تنقل عن طريق كابل يتم التحكم فيه تماما، ومن عيوب منظومة الدائرة المغلقة أن المشترك فى هذا النظام هو فقط الذى يستقبل البرنامج بواسطة طريقة وصلة خاصة أو باستعمال دائرة استقبال خاصة. كذلك يمكن لأى

مستخدم لجهاز تلفزيون معتاد ان يستقبل من محطة الإرسال، لذلك كان من الضرورى أن تكون الدائرة التلفزيونية المغلقة (CCTV) تعمل بنظام " VHF " والتى تستعمل نفس القناة التلفزيونية الإذاعية خالية من الإشعاع





الشكل رقم (11-[illegible]) نظام الدائرة التلفزيونية المغلقة

الفصل الثامن

الأمن الصناعي INDUSTRIAL SAFETY

علم هندسة الأمان فرع هام من العلوم الهندسية حيث أنه يدخل في كافة التخصصات وجميع مجالات الحياة العملية وتكمن أهميته في توفير أقصى حماية ممكنة لكل من الإنسان والآلة في أي مجال مع عدم المساس بالوظيفة الأساسية التي يقوم بها أي منها مع ضمان قيامه بها في أسهل صورة ممكنة. ومن ثم كان ضروريا التعرف علي أهم الأسباب التي أدت إلى ظهور هندسة الأمان وقواعد الأمان المتبعة عند الصيانة أو التركيب أو التفتيش الصناعي وهي ما نشغل بها الصفحات التالية. هكذا نتناول موضوع هندسة الأمان في المشروعات الصناعية وتطبيقاتها في طي الفصل الحالي من هذا الكتاب.

8-1: هندسة الأمان Safety Engineering

تعتبر هندسة الأمان واحدة من أهم البنود في العمل الهندسي وبهذا لا بد وأن تدخل في الإعتبار عند التصميم لأي عمي هندسي ولو كانت نسبة تواجده في هذا العمل طفيفة، ولما كان موضوع الكتاب الحالي يخص كهباء المصانع مما يدعونا إلي التعامل مع الأمن والأمان الصناعي بشكل مركز وواضح.

أولا: أسباب ظهور علم هندسة الأمان Reasons

ظهر عددا من الحوادث عند التشغيل للأعمال الهندسة ولم يتوقف الأمر عند هذا الحد بل تكررت هذه الحوادث وقد تباينت أنواعها ومكانها وزمنها ومن ثم تحولت الأعمال الهندسية إلي مصدر للأخطار عندئذ لجأ المتخصصون إلي التعامل مع هذه الظاهرة حفاظا علي الأرواح من ناحية وعلي المعدات من جهة أخرى خصوصا وأن الحوادث لا تحدث من تلقاء نفسها ولكن هناك أسبابا لحدوثها ومن هذه الأسباب:

1- الإهمال

ينتج الإهمال عند عدم إتباع قواعد الأمان ويمكن الحد منه عن طريق وضع علامات تحذيرية عند أماكن الخطر وتأهيل العاملين والقائمين علي المتابعة والتعامل مع هذه المشروعات، وهناك كثير من قواعد الأمان في

مختلف المجالات الحيائية والهندسية ولسلامة الأفراد والمنشآت والمعدات يجب الإلتزام بها إلتزاما تاما.

2- نقص المعلومات

أ- يجب أن الفرد على قدر كاف من العلم بالمواصفات القياسية للآلة التى يستخدمها.

ب- يجب أن يكون الفرد على مستوى معين من الدراسة بحيث يكون على دراية كافية بالمخاطر الناجمة عن الخطأ وكيفية التعامل معها.

جـ- يتم رفع كفاءة الفرد عن طريق تنظيم دورات تدريبية بصورة دورية وإجراء إختبارات في نهاية كل دورة تدريبية للتأكد من مدى الإستفادة منها.

ثانيا: الأمان الصيانى Maintenance Safety

تتلخص عملية الأمان الصيانى فى الإجراءات الواجب توافرها أو تلك المطلوب اتباعها لإجراء العمل الصيانى وتختلف هذه العملية للمعدات والمهمات تبعا لجهد التشغيل حيث عادة يتم تنويع هذه المهمات إلى قسمين, الأول لتلك المعدات ذات الجهد العادى وهو جهد الإستهلاك والذى يعادل 220 فولت أو 380 فولت أو حتى التى تصل إلى 1 ك. ف.، أما النوع الثانى فهو ذلك الجهد الأعلى نتيجة الخطورة التى تظهر من الإقتراب من هذه الجهود. بالرغم من ذلك تتنوع هذه العملية أيضا داخل هذا النطاق ولكن فى حدود بسيطة ويهمنا هنا أن نوضح عملية الأمان الصيانى للجهود جميعا بما فيها الجهد الفائق لأنه يعطينا الصورة الأشمل عن المغزى وراء هذا الأمان. كما أنه من الضروري التنويه عن أن هذه التعليمات ليست فقط في مجال العمل الصيانى وانما أيضا في مجال التركيبات الكهربية سواء تحت الجهد أو بدون جهد سواء كانت هذه التركيبات لأول مرة أي عند الإنشاء أو كتطوير وتوسع في محطة كهربية أو موقع صناعي جديد مما يضع كل هذه الاعتبارات قيد التنفيذ بل والألزام.

1- الإجراءات Procedures

من المفترض ألا تتم أية أعمال صيانية بدون اتخاذ اجراءات الأمان الصيانى، وألا تبدأ أية أعمال تركيبات وتمديدات كهربية بدون اتخاذ اللازم من اجراءات الأمان الصناعي الخاص بنقاط التركيبات أو التمديدات حسب

الأحوال ويمنع كل من لا يحصل على أذن كتابى من المدير المسئول عن موقع العمل. من الجهة الأخرى إذا ما كانت هناك ضرورة ملحة لإجراء عمل ما دون أن تتوافر الإجراءات الخاصة بالأمان الصناعي (الصيانى أو التركيبات أو التمديدات) فلابد من الحصول على أذن كتابى فى هذا الشأن تحديدا بشرط أن يكون مسبقا عن البدء في العمل. كما أنه من المبادىء الأولية في هذا المجال حفظ كافة المفاتيح الخاصة بالحجرات والكوالين للأماكن التى بها مهمات كهربية فى لوحة واحدة بواجهة زجاجية لكسرها عند اللزوم وتكون هذه المفاتيح مجمعة ومرتبة ومرقمة.

من الهام أيضا ايضاح أنه من الأسس الجوهرية هنا أن يمنع أى فرد من العمل بمفرده فى اعمال الصيانة الكهربية على وجه العموم حيث أنه لا يجب أن يقل عدد العاملين فى الصيانة الكهربية بالموقع الواحد عن اثنين كما أن الأعمال الصيانية قد تتم على المكونات فى الشبكة إلى قسمين:

أ) اجزاء فصل عنها التيار تلقائيا وهذه من الحالات الخطرة عند التعامل لأنه لابد من اتخاذ كافة الإجراءات لمنع التوصيل أثناء اجراء العمل الصيانى.

ب) أجزاء تحت الجهد وهى قد تتبع ظروف متباينة مثل:

a) فصل كامل للتيار عن الموقع واتخاذ اجراءات التأريض المحلى اليدوى اثناء العمل الصيانى.

b) فصل جزء للتيار بموقع الصيانة أو العمل تحت الجهد مباشرة وهنا تتخذ الأجراءات المناسبة.

2- التعليمات Instruction

هنك من التعليمات درجات متنوعة فمن الممكن ان تعتمد على نوعية المهمات او الجهد ذاته أو حتي على الأفراد القائمين بالعمل ولذلك نأخذ هذه التعليمات تبعا لنوعية الأفراد **Person Kind** حيث يجب أن تتوفر الشروط الأتية فى الأفراد العاملين فى الصيانة الكهربية وخصوصا فى الضغط العالى:

i) اجتياز الكشف الطبى اللازم خصوصا للعاملين مع الكهباء لأن الألوان ذات معني ولا يجوز أن يعمل من هو مريض بعمي الألوان في مجال الكهرباء.

ii)تعلم اجراءات الإسعافات الأولية وخاصة التنفس الصناعى ومعالجة الحروق والتدريب عليها عمليا.
iii) ضرورة انهاء فترة التدريب المحددة كاملة قبل تحمل المسؤلية.
iv) التدريب علي التعامل مع أدوات وأجهزة إطفاء الحريق وإختباراتها.
يقدم الجدول (رقم 8-1) المسافة البينية الأدنى التى يلزم فصل التيار عنها اذا كان الجهد العالى المحدد يعمل بها بالقرب من موقع العمل.

جدول (8- 1) : أدنى اقتراب من أسلاك الجهد العالى لأوضاع مختلفة

الجهد (ك.ف.)	أدنى اقتراب (م)	أدني لمستوى الأرض أو المنصة (م)	مسافة أشخاص أو ما يحملونه من آلات أو سلالم وأوناش متحركة (م)
11		1.7	0.7
15	0.7		
33		3	1
35	1.5		
66		3.25	1.25
132	2	1.6	1.6
220	3	4.5	2.5
500		6.5	4.5
550	5		

ثالثا: قواعد الأمان Safety Rules

نذكر بعض قواعد الأمان الخاصة بالعمل على الشبكات الكهربية ومنها بشكل عام ما يلي:

1- يجب أن يكون جميع العاملين بمحطات التوليد والشبكات و مراكز التحكم على دراية تامة بالتشريعات و قواعد الأمن التي تحكم العمل الذي يقومون به في إي من المعدات والأجهزة والخطوط.

2- يجب أن تتوافر للعاملين درجة مهارة معينة في الأمن الصناعي تتفق مع طبيعة العمل المصرح به والتي تتدرج من الفئة الأولى إلى الفئة الخامسة.

جدول(8 - 2) : بيان بمهمات تحذيرية وإرشادية للأمن الصناعي بالموقع

صنف	الوصف	العدد الأدنى المطلوب توافره (الوحدة)				
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
لوحات تحذير	باللون الأحمر إما بمقاس 15x25سم توضع في أماكن العمل، أو 8x12سم للوضع على الأزرار و أيادي لتشغيل و يكتب عليها إحدى العبارات الآتية: (خطر الموت -قف ضغط عالي-ممنوع الفصل - عمال قائمون- ممنوع التوصيل- ممنوع الفتح-موصل- خطر الانفجار)	4	4	4	4	4
لوحات إرشاد	لونها أخضر مقاس 15x25سم يكتب عليها أي من العبارات الآتية:مكان الصعود-موصل بالأرض-منطقة عمل-الدخول من هنامكان المرور-أحترس.	4	4	4	4	4
خوذة	الوقاية ضد الصدمات أو سقوط الأشياء غير المتوقعة.	-		-	لكل فرد	لكل فرد
حصيرة عازلة	فرشة كاوتش عازلة للعمل على الجهد المنخفض 3مم، بأبعاد 100x60سم تتحمل اختبار جهد 5 ك.ف وتستخدم كوسيلة أمان إضافية بالإضافة إلى قاعدة عازلة صلبة بسمك 40 مم وأبعاد 50x50 سم لها أرجل بارتفاع 25سم ذات نهايات من الكاوتش منعا للانزلاق بينها 60سم وتختبر عند 2 ك.ف.	2	2	2	2	2
صندوق عدة	مجموعة من العدد و الأدوات اللازمة للعمل من جميع الأنواع سواء عدة كهرباء أو ميكانيكا أو غيره .	مجموعة كاملة حسب الاحتياجات				
بنسه	تستخدم لاستبدال المصهرات التالفة وخلعها وتركيبها بصورة سهلة.	1	1	1	1	1
كشاف	وهو من الأدوات الهامة للإنارة عند الحاجة إليها وتعمل بالبطارية.	2	2	2	2	2

3- لا يجوز البدء في ترفيذ العمل إلا بعد التأكد من جميع إجراءات الأمن المطلوبة لتنفيذ العمل.
4- يجب تسليم كل من العاملين المختصين بالشبكات ومراكز التحكم الشهادة الدالة علي صلاحيتهم للعمل ومعرفتهم بقواعد الأمن.
كما توجد تعليمات أمان مقررة للعمل علي الجهود الكهيبة المختلفة نتناولها في النقاط الآتية:

أ) إجراءات العمل على كابل أرضي جهد متوسط

يلزم التعامل مع بعض الأدوات الهامة قبل البدء في العمل (جدول رقم 8 – 2) وهي:

1- حذاء واقي كاوتشوك

2- مبين الجهد (كشاف الفولت)

انه يوضح جهد التشغيل لبيان وجود الجهد من عدمه علي الموصلات ويركب على عصا عازلة مناسبة للجهد (يعطي الجدول رقم 8-3 أقل طول لهذه العصا كدالة مع الجهد المتعامل معه) يعطى اشارات صوتية وضوئية فى حالة وجود الجهد ومزودة بوسيلة لاختبار صلاحيته. كما أنه لا يجوز للفرد أن يختبر السلك باصبعه لأنه من الممكن أن تلتف اصابعك حول السلك ولا تستطيع بعد ذلك أن تترك السلك . والكهرباء التى تنتقل خلال الجسم من يد إلى يد الى القدم ممكن أن تتسبب في توقف عمل القلب the hart may stop ، كما يجب العمل بأيدى جافة dry hand وليست مبللة ويجب عدم استخدام (الدبلة - الخاتم – الساعة) أو أى أجزاء معدنية التى قد تتصل بالموصلات أو النهايات فتسبب من توصيل التيار الكهربى.

3- حزام أمان

يصنع من الجلد أو خيوط صناعية مقاومة للإحتكاك بعرض لا يقل عن 90 مم مزود بحبل وكلبس (طوق) strap لمنع سقوط العامل ويتحمل وزن قدره 300 كجم لمدة خمس دقائق دون حدوث أى تلف.

4- عند إستخدام السلالم يجب مراعاة الآتى:

* أن تكون السلالم بحالة جيدة وذات طول مناسب للعمل.
* يجب ألا يقل الجزء المشترك فى السلالم المنزلقة عن متر واحد.
* يجب ألا يستخدم السلم أكثر من شخص واحد.

* يجب على متسلق السلم أن تكون يداه خاليتين أثناء الصعود والهبوط وأن تكون الأدوات أو المعدات فى شنطة تعلق بحزامه أو ترفع إليه بعد تأمين وضعه بواسطة حبل.
* صيانة درجات السلالم باستمرار وتغيير درجات السلالم التى يظهر عليها أى تلف.
*تنظيف درجات السلالم من المواد التى تساعد على الإنزلاق.
* يجب تزويد السلم من أسفل بدعامة بطول حوالى 1 متر تساعد على إتزان السلم.
* يجب تزويد السلم من أعلى ومن أسفل بحبل أمان للربط بالأعمدة بزاوية ميل.
*يجب تغطية السلالم الخشبية وحفظها فى مكان جاف.
* التأكد من عدم وجود شقوق أو ثقوب فى درجات السلم.

جدول رقم 8-3: أقل طول للعصا العازلة

الجهد (ك. ف.)	أقل طول للعصا
لا يزيد عن 132ك.ف	1.5(م)
يزيد عن 132ك.ف. ولا يتعدى 275ك.ف.	2.45(م)
يزيد عن 275ك.ف. ولا يتعدى 400ك.ف.	3.2(م)

ب) إجراءات الخطوط الهوائية للجهد المتوسط

تشمل عددا من التعليمات الهامة وهى:

1-يجب فصل الخط ووضع أرضى من جميع الجهات.

2- فى حالة وجود خطين على عامود واحد يتم فصل الخطين عند العمل على أى منهما.

3- فى حالة وجود خطين متوازيين وكانت المسافة بينهما أقل من حد الأمان يجب فصل الخطين.

4- فى حالة العمل على جهد 11 ك ف أو 22 ك ف أسفل خطوط الجهد العالى يجب التأكد من اتمام تفريغ الشحنة الكهربائية قبل البدء في العمل

5- يوضع أرضى مؤقت قبل وبعد موقع العمل كما يوضع أرضى مؤقت كل 5 كم فى حالة التوازى.

6-يجب وقف العمل فورا فى حالة سوء الأحوال الجوية أو سقوط أمطار.

7- يتم العمل على الخطوط الهوائية بعد الغروب إذا توفرت الإضاءة الكافية.

8- يجب على أى شخص الا يبدأ العمل إلا بعد معرفة تامة بالتعليمات الصادرة إليه وأن يكون على دراية تامة بتنفيذها وعليه ألا يتجاوز تلك التعليمات.

9- اذا اعتبر اى شخص أن التعليمات الصادرة إليه لا تمكنه من العمل بأمان فعليه أن يخطر المشرف على العمل وعلى المشرف أن يراجع التعليمات والرجوع إلى السلطات الأعلى إذا لزم الأمر.

10- يجب أن يكون العاملين فى أوضاع آمنة أثناء تأديتهم لعملهم.

11- تحظر المناقشات خارج نطاق العمل خاصة بالقرب من الأجزاء الحية لتفادى تشتيت الإنتباه.

12- يجب على جميع العاملين بالشبكات معرفة الأسعفات الأولية لإنقاذ المصاب بالصدمة الكهربية وطرق التنفس الصناعى .

13- يجب الرجوع إلى مسؤول الأمن الصناعى وأخطاره بجميع الحوادث الناتجة فى حينه.

ج) إجراءات الأمان عند صيانة المحولات

تهتم إجراءات الأمن الصناعى عند التعامل مع المحولات أو الأكشاك التوزيعية وتعطيها أولوية ورعاية سواء كان الفصل كلى أو جزئى ويعنى الفصل الكلى أخراج المحول كاملا من الخدمة بجانب فصل الجهد عنه من جميع الجهات بينما يشير الفصل الجزئى إلى الفصل للتغذية مع بقاء الجهد أو فصل جهة واحدة من الثلاث فى بعض المحولات أو حتى أخذ عينات زيت المحولات تحت جهد أو تغيير زيت المحول ذاته.

يلتزم المشرف المسؤول عن العمل بكافة التعليمات التى تخص الأمن الصناعى وخصوصا وأن التحول الكهربى يكون له أكثر من جهة متصلة بالجهد مما قد يتسبب بأن يصل الجهد العالى عن طريق جهد قادم من المنخفض ولذلك يجب التعامل مع هذه النقطة بحذر واهتمام حتى لا يحدث مكروه لأى من أفراد فرقة الصيقة العاملة فى هذا المكان ، وعلى وجه العموم فهذه المراحل الثلاث هى:

المرحلة الأولى : قبل إجراء الصيانة

تشمل عددا من الخطوات الأساسية وهي:
1- فصل جميع القواطع الموجودة على أطرا ف المحول حيث أن المحولات كما سبق الذكر قد تزيد أطرافها عن جهدين أو ثلاث وهو المقصود هنا للتأكد من عدم تواجد أى مصدر لظهور الجهد ولو عن طريق الخطأ.
2- إخراج المفاتيح ذات الطابع المتحرك من الخلية المختصة بها وذلك للتأكد من أنه لن يحاول أحدا من العمل على توصيلها مادامت فى ذلك الوضع بلرغم من الإضافات الإرشادية والتحذيرية اللازمة فى مثل هذه الحالات حتى لا يتداخل العمل مع آخرين ويحدث منها الأخطاء.
3- وضع أرضى على جميع أطراف المحول (أوجه ونقطة التعادل) سواء كان الأرضى الموجود ضمن الشبكة ومتواجد بصفة مستمرة ويتبع مناورات التشغيل أو ذلك الأرضى المتنقل مع أفراد الصيانة حماية للأفراد من أى توصيلات خارجية على سبيل الخطأ من أشخاص بعيدين عن الموقع سواء عن خطأ أو مختصين ويعملون دون علم بما يجرى من أعمال صيانة فى الموقع.
4- فصل السكاكين إن وجدت حتى يمكن إعادة وضع المفاتيح الكهربية التى يمكن إعادتها إلى 5- وضع التوصيل حرصا على كفاءة يايات التوصيل للأطراف التى تخص المفاتيح.
6- وضع أرضى على جميع المفاتيح والمغذيات التى قد تغذى بالجهد حتى ولو بالراجع.
تسوير موقع العمل.
7- وضع اللافتات التحذيرية والإرشادية، وقد قدم الجدول رقم 8-4 المسافات الدنيا لوضع هذه اللوحات في موقع العمل، وهو ما يوضح أنه يلزم وضع اللافتات علي مسافات محددة حتى لا تفقد أهميتها أو نوعية الأداء المناط بها ويبين الجدول رقم 8-4 أن هذه المسافات الخاصة بلوحات ولافتات التحذير والارشاد لها مسافات دنيا تتغير تبعا لقيمة الجهد الكهربي للموقع ومن ثم يكون علي المهندس المسئول عن العمل وكذلك علي المدير المسئول بالموقع التأكد من وضع هذه اللافتات بالطريقة وعلي المسافات المتطابقة مع هذه التعليمات.

جدول رقم 8-4: مسفات وضع لوحات التحذير الخاصة بتحديد مسافات الأمان

الجهد (ك. ف.)	أقل مسافة (م)
11	0.8
33	1.1
66	1.35
132	1.7
220	2.85
500	4.5

المرحلة الثانية : أثناء العمل

تحتوي علي بعض التعليمات الجوهرية وهي الأكثر أهمية في جميع المراحل نتيجة أنها تتعامل مع العنصر البشري وأن الأخطاء تنعكس غالبا علي العاملين ومن ثم تكون الخسائر فادحة وهي متعددة مثل:

1- التأكد من عدم وجود جهد على أطراف الملفات للمحول باستخدام مبين للجهد حيث انه إذا ما كان هناك أحد الأطراف عليه جهد فيظهر بالضرورة علي بقية الأطراف لذات المحول حتي وإن كان ذلك هو الجهد المنخفض، وكذلك يمكن التأكيد علي عدم وجود جهد فعلا أو حتي شحنات ساكنة متبقية قبل البدء في العمل وذلك من خلال الإعتماد على تركيب الأرضى المحلى علي جميع الأطراف الخارجة والداخلة للمحول، أو فصل الأطراف ذاتها عن الشبكة تماما فيكون المحول بهذا خارج الشبكة كهربيا تماما وبهذا يصبح جميع العاملين فى أمان من قبل البدء في العمل.

2- التأكد من عدم وجود جهد على المفاتيح أو السكاكين جهة العمل باستخدام مبين الجهد.

3- وضع أرضى محلى قبل لمس الموصلات والأطراف المعدنية.

4- التأكد من وجود مادة السليكا داخل المصهر حتى تتم عملية إطفاء الشرارة بنجاح (قطع التيار تلقائيا).

5-أستخدام أدوات ومعدات الأمان الصناعى المناسبة للعمل ، حيث أنها تخضع لإختبارات مقتنة كما هو واضح من الجدول رقم 8-5

6- تواجد المشرف على العمل بالموقع أثناء العمل.

المرحلة الثالثة: بعد الإنتهاء من العمل

تشمل هذه المرحلة التعليمات التالية:

1- رفع الأرضي المحلي .
2- رفع جميع الأراضي التى تمت قبل العمل.
3- إلغاء تسوير المكان.
4- التأكد من أجهزة الأمن الصناعي اللازمة.
5- إعادة الجهد وإطلاق التيار مع التأكد المستمر من سلامة التشغيل.

جدول رقم 8-5: معدلات جهد الاختبارات القياسية لوسائل الأمن الصناعي

الأداة	جهد التشغيل (ك.ف.)	جهد الاختبار (ك.ف.)	فترة اختبار (ق)	تيار تسرب م أ	معدل الاختبار شهر
العصا العازلة	10 فاقل	40	5		12
	10- 35	105	5		12
	35 - 110	3 ضعف جهد الخط	5		3
	110 فأكثر		5		2
مبين الجهد	10 فاقل	20	1		
		40	5		
	10 - 35	20	ا		
		105	5		
قفاز كاوتشوك	منخفض	2.5	1	2.5	6
كهربي	جهد عالي	6	1	7	
ممشى كاوتشوك	1	5	يسحب بسرعة 3:2 سم/ث	5	
	أكثر من 1	15		15	
القواعد العازلة	لأي جهد	40	1		36
كماشة قياس التيـار	10 فاقل	40	1	1.7: 1.4	12

2-8: أنظمة الأمان

نتناول بعض أنظمة الأمن التى تستخدم فى مجال الهندسة الكهربية ومنها:

أولا: أنظمة أمان ضد الصواعق

نحن فى مصر لا نهتم بمانعة الصواعق لما وهبنا الله سبحانه وأكرمنا بعدم تواجدها فى بلادنا ولكن التغيرات البيئية الحادثة في جميع أنحاء الأرض تحثنا على المضى قدما للإهتمام بهذه النقطة علاوة علي ما قد يحدث من ظواهر طبيعية مفاجئة أو ما قد ينطوي علي كوارث طبيعية وهو ما يجب أخذه في الاعتبار سواء بالنسبة للمواقع الكهربية أو تلك البعيدة عن الكهرباء.

1- أما بالنسبة للمحطات الكهربية فإنها تخضع لنظام الحماية الصاعقية بصرف النظر عن مكان تواجدها.

2- أما فى المنطق العمرانية المتكاملة – وتظهر فيها أنواعا مختلفة من المصانع - فتظهر الأبنية شاهقة الإرتفاع حيث يتم وضع مانعة الصواعق عليها وتعمل بدورها كمظلة واقية من التأثيرات الصاعقية.

شكل رقم 8-1

3- أما فى المناطق الصحراوية فإنه لا توجد أبنية مرتفعة ولذلك تكون الأبنية منخفضة الإرتفاع عرضة لخطر الصواعق وكذلك المشروعات الصناعية كذلك في المدن الجديدة ولحمايتها يتم وضع أجهزة الحماية فوق مآذن المساجد وأبراج المراقبة العالية.

من الأنظمة المستخدمة للحماية من الصواعق:

1- نظام مانعات الصواعق Lightning arrestors

تتعلق نظم تركيب مانعات الصواعق ببعض المبادئ الجوهرية:

أ) تركب مانعات الصواعق قبل المحول وذلك للحماية ضد زيادة الجهد Over Voltage الناتج من الصاعقة Lightning ويتم توصيل الطرف العلوى لمانعات الصواعق بخط التغذية للجهد المتوسط بموصل له نفس

مسلحة مقطع الخط أو التفريعة ونفس النوع وذلك عن طريق وصلة مسمارية (كلامب).
ب) يتم توصيل الطرف السفلى لمانعات الصواعق بسلك الأرضى.
ج) يتم تركيب مانعات الصواعق فى بداية ونهاية الخط
د) يتم تركيب مانعات الصواعق جهد متوسط ويتم الفحص الظاهرى لكل منهم وذلك لبداية الخط وكذلك يتم تجهيز أخرين مثلهم لنهاية الخط
هـ) يتم تجهيز شاسيه خاص للمانعات واحد فى بداية الخط والأخر فى نهاية الخط ويدهن وجه واحد سلاقون ووجهين بوهية الزيت الرمادية.
و) يتم تركيب مانعات الصواعق على الشاسيه عن طريق رباط قفيز خاص بكل مانعة.

على الجانب الآخر تتكون مانعة الصواعق من ثلاثة أجزاء رئيسية هى:
أ) العازل الصينى
ب) مقاومة Resistor
ج) الثغرات الشرارية
تصنع المقاومة من مادة الفيليت Villite فى النوع الروسى ومادة ثايرت فى النوع Thyrite الأمريكى ومن مادة فاريستور Varistora فى النوع الفرنسى.

جميع هذه المواد التى سبق ذكرها هى مواد شبه موصلة -Semi Conductor تعتمد فيها المقاومة على قيمة الجهد . ففى حالة الجهد العادى هى مواد عازلة (مقاومتها كبيرة) وفى زيادة الجهد تقل مقاومة هذه المواد أى تصبح موصلة . ويتم تصميم مانعة الصواعق Arrestors بقواعد رياضية وهندسية (الشكل رقم 8-1)، حيث:
أرتفاع مانعة الصواعق = h ، أرتفاع المعدة المراد حمايتها = hx ، نصف قطر منطقة الحماية = rx .

علي نفس المنوال يبين الشكل رقم 8-2 زيادة الرقعة المحمية عند الإستعانة بأرع مانعات صواعق من أجل حماية منطقة مثل منطقة المصانع أو منطقة الشبكة الكهربية داخل مواقع المصانع.

2- نظام سلك الأرضي ضد الصواعق Ground wire

هو نظام يستخدم لحماية خطوط النقل Transmission Lines من الصواعق عند الجهود المختلفة ودائما ما توضع فى أعلى منطقة فى البرج. أنه نظام بديل لمانعة الصواعق ويصلح للأماكن واسعة الإنتشار مثل خطوط نقل الطاقة هوائية الطابع أو نظم محطات الكهرباء المفتوحة سواء داخل المواقع الصناعية أو غيرها وهي أيضا رخيصة الثمن وتغطي مساخات كبيرة كما هو مبين من الشكل رقم 8-3 حيث يتم تصميم منطقة الحماية لنظام Ground wire تبعا للشكل ومبينا للرموز:

θ = زاوية الحماية Protective Angle

h = إرتفاع سلك الأرضي Ground wire

hx = أرتفاع العوازل على البرج

لكي تكون الحماية فعالة فى الطريقتين السابقتين يجب أن يكون البرج محميا بالسلك الأرضي Ground wire مع عمل تأريض جيد earthing للبرج كل عدد من الأبراج المتتالية علي طول الخط منهيا بمانعة صواعق Lightning arrestor عند كل نهاية من نهايتي الخط.

ثانيا: أنظمة التأريض الوقائى

يعرف التأريض بأنه توصيل متعمد لجزء من نظام أو معدة توصيلا مباشرا بالأرض بدون وجود مصهر أو مفتاح أو قاطع فى هذا الإتصال الأرضى. ويتم ذلك بغرض:

1- حماية الأفراد (مواطنين – عمال) من الصدمات الكهربائية.

2- حماية المعدات الكهربية والمنشآت من التلف .

3- منع جهد الجسم من الإرتفاع إلي قيمة قد تشكل خطر على الإنسان.

4- السماح بمرور تيار للأرض له قيمة كافية لتشغيل الأجهزة الوقائية (مصهرات – قواطع) أو أجهزة الوقاية للتسرب الأرضى.

5- مكونات التأريض الوقائى تشمل ثلاث أجزاء هي :

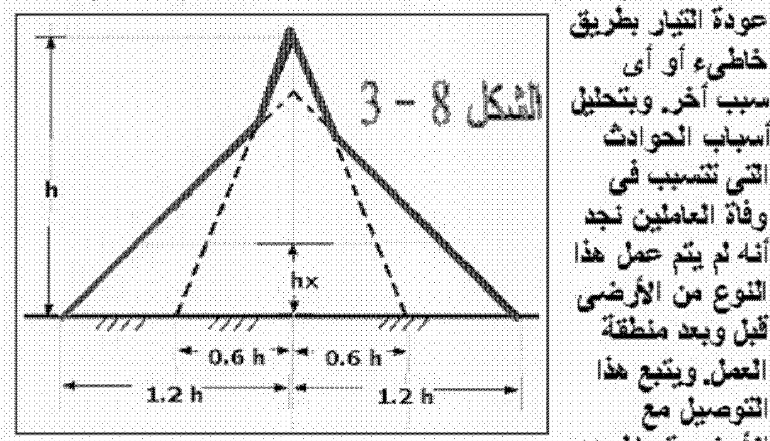
أ) الأرض وهى التربة التى يوضع فيها الكترودات التأريض وهي متنوعة تبعا للمواصفات القياسية .
ب) الكترودات التأريض (قد يكون قضيب أو أسلاك مدفونة أفقيا أو الواح معدنية) في باطن الأرض.
ج) موصلات التأريض.
نستطيع عموما تصنيف التأريض إلي نوعين هما:

1- الأرضى الثابت

هو الأرضى المركب على المعدات ذاتها ويخصها دون غيرها وهو في أغلب الأحيان الذي يتم توصيله بواسطة سكاكين كهربية بناء على التعليمات الخاصة بالتركيب أو التشغيل وهو يعرف بالأرضى الرئيسى.

2- الأرضى المؤقت

يعرف أيضا باسم أرضي موضعى وهو أرضى من نوع معتمد إداريا ومطابقا للمواصفات ويوضع فى الأماكن المحددة بأمر شغل (قبل وبعد منطقة العمل). في هذا الصدد يتم عمل قصر على جميع الأوجه وتأريضها بأرضى مؤقت بعد فصل التيار أثناء اجراء الصيانة أو أثناء عمل المناورة اللازمة لتحديد العطل وذلك قبل وبعد منطقة العمل لحماية العاملين ضد عودة التيار بطريق خاطىء أو أى سبب آخر. وبتحليل أسباب الحوادث التى تتسبب فى وفاة العاملين نجد أنه لم يتم عمل هذا النوع من الأرضى قبل وبعد منطقة العمل. ويتبع هذا التوصيل مع الأرضي تبعا لجهد المعدات الكهربية كما يلي:



1- الجهد المنخفض

نحتاج إلي الأدوات والملحقات التالية طبقا للمواصفات القياسية:

أ) عدد 5 كلامب يتصل كل منها بسلك نحاس معزول بعزل شفاف بمقطع 25 مم2 وبطول 1 م متصل ببعضها لتكون مجموعة قصر.

ب) عدد 2 كلامب يوصلان بنهاية سلك نحاس معزولة بعزل شفف بمقطع 25 مم2 بطول 12 م لعمل وصلة أرضي.

ج) قطب أرضي مصنوع من الحديد الصلب المجلفن على الساخن بطول 1 م وقطر 25 مم2.

2- الجهد المتوسط

نحتاج للعمل علي الجهد المتوسط إلي:

أ) عدد 3 كلامب لتركيبها على موصلات الخطوط الهوائية كل كلامب متصل بكابل مرن من السلك النحاس الشعر معزولة بواسطة عزل شفاف بطول 2 متر ومساحة مقطع 35 مم2.

ب-كلامب للتوصيل بقطب الأرضي متصل متصل بكابل مرن من السلك الشعر معزولة بواسطة عزل شفاف وبطول 12م قطاع 35مم2 نحاس .

3- التأريض المحلى Earthing Local

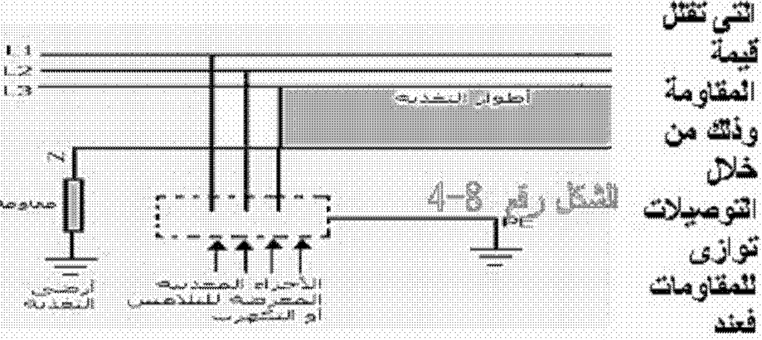
يتم التأريض المحلى بالموقع العام فى الأبنية الكبيرة والمنشآت الصناعية أو على مسافات متباينة فى المدن حتى تمنع من إرتفاع جهد نقطة التعادل عن القيمة المسموح بها و يتم ذلك من خلال ثرى قطبا نحاسيا أو عددا متوازيا منها داخل الأرض على عمق كبير من سطح الأرض و طبقا للمواصفات ويتم اختياره نحاسيا المادة لأن مقاومته النوعية أقل من بقية المعادن بالرغم من أن الذهب أقل فى القيمة إلا أنه باهظ التكلفه و قد يشكل خطورة لتعرضه للسرقه إذا ما تم استعماله.

يصلح هذا النوع من التأريض للمناطق الصناعية الصغيرة والكبيرة علي السواء وللمباني ضخمة الاستهلاك الكهربي علاوه على أنه هام للمنازل الصغيرة أيضا ولكنه لا بد وأن ينبع عن متخصصين (شركات الكهرباء) حتى تصبح العملية دون مقننات و نصل إلى الفوضى التأريضية وهو ما لا يجب أن يسمح بحدوثه خصوصا وأن هذا التأريض قد يؤثر بطريق غير

مباشر على قيمة التيارات القصرية التى تمر بالمفاتيح الكهربية وتزيد بقدر غير محسوب و يفوق حدود تشغيلها فتؤدى إلى تدميرها .
قد يتساءل البعض عن السبب فى احتراق مفتاح ام يتم تفسيره و يكون نتيجة أنه قد تم وضع تأريض محلى فأثر على قيمة التيارات صفرية الطور بالأرض مزيدا قيمتها خصوصا وانه عند تصميم الشبكات يتم قطع مسارات هذه التيارات حتى تصبح الدائرة صفرية الطور غير محسوبه على الإطلاق فتقل قيم التيارات التى نحتاج إلى قطعها من خلال المفاتيح الكهربية ، و هكذا نجد أن كثرة هذة النقاط التأريضية يسمح بمرور التيارات صفرية الطور بينها مزيدا من قدرة التيارات القصرية وهو ما يلزم إعتباره عند التصميم أيضا لاحتواء التأريض المستقبلى فى المنطقة التى تتأثر بذلك الموضوع.

أ) شبكة التأريض Earthing Net

نجد أن المناطق كبيرة الاستخدام و ليس الاستهلاك مثل محطات التوليد أو محطات المحولات عاليه وفائقة الجهد أكثر تعرضا لتيارات القصر وتأثيرها الخطر. لذلك نجد أن هذه المحطات تخضع لنظام أخر من التأريض وهو المعروف باسم شبكة التأريض حيث تكون التيارات القصرية هائلة القيمة وتعطى جهدا خطرا مع أقل المقاومات ويكون فوق التصور إذا ما أهمل هذا البند ، ويكون الضحية هم العاملون فى المحطة أو المتواجدين أحيانا.
على الجانب التقنى فإن هذه المشكلة سهلة الحل حيث يتم وضع مقاومة تأريض متناهية الصغر وهو ما يمكن تحقيقة من خلال القاعدة البسيطة التى تقلل قيمة المقاومة وذلك من خلال التوصيلات توازى للمقاومات فعند



توصيل مقاومتان متساويتان معا على التوازى تقل القيمة الفعلية لهما معا إلى النصف إما الثلاث فتكون الثلث وهكذا ومن هنا أمكن الخروج من المأزق الخطير ومعالجة قيمة مقاومة الأرضى لتصبح أقل ما يمكن من خلال وضع شبكة أفقية تحت سطح الأرض نحاسية طبعا يخرج منها أقطابا رأسية لتكون فى حكم التوصيل على التوازى فتقل القيمة المحصلة لهم جميعا.

يمكن تقليل هذه القيمة المحصلة على التوازى فى الشبكة التأريضية بأن تستغل الأقطاب الرأسية ليخرج منها على طول أرتفاعها عددا آخر من الأقطاب الأصغر لتكون أفقية الوضع فتصبح كلها توازية التوصيل لتقل المقاومة لكل قطب رأسى ونصل إلى الحدود الدنيا من قيمة المقاومة الأرضية ونكون قد بلغنا الهدف دون تكلفة تذكر وهذا هو ما يتم بالفعل فى المحطات القائمة وهكذا يكون جهد التلامس غير خطير أو ضار وتصبح نقطة التعادل داخل المحطة أمنة ويستطيع الفرد أن يتعامل معها دون خوف وبأمان كامل.

ب) نظم التأريض Earthing System

تتباين نظم التأريض تبعا لأسلوب توصيلها بالأرض ومنها ما هو معروف مثل التأريض للشبكات ثلاثية الطور والذى يعرف بالرمز IT والمبين بالشكل (4-8) وموضحا التوصيلات الكهربية الخاصة بها أو الرمز TT أو تلك الرمز الأخير وهو TN طبقا للمواصفات القياسية الدولية.

ثالثا: نظام إطفاء الحريق Fire Fighting

من مبادئ العمل في المواقع الكهربية عموما سواء في المصنع او غيرها يأتي موضوع مكافحة الحيق علي رأس القائمة، ذلك أن احتمالات الحريق وتشويه تزداد بشدة في المواقع الكهربية . لهذا نجد أنه من الجوهري التعامل مع الحريق ببساطة إذا ما كنا علي علم ودراية بمثل هذه الحالات ، ومن ثم نأتي هنا إلي اهمية نظام الحريق في المصانع حيث تتواجد الشبكات الكهربية سواء تلك الجزئية والخاصة بالمصانع الصغيرة إلي الشبكات الكبيرة والخاصة بالمصانع الضخمة والعاملة علي الجهد العالي والفائق . وينقسم هذا النظام إلى مرحلتين:

المرحلة الأولى: أنذار الحريق Fire Alarm

مواجهة الخطر الناتج عن الحريق لا يجب أن يبدأ عندما تنشب الحرائق ثم نتجه إلى إتخاذ الضروريات الواجبة بل من المبدأ الهندسي الأول هو استشعار الحريق قبل نشوبه ومحاولة القضاء عليه في المهد مع إتخاذ كافة الإجراءات اللازمة. لذلك يجب أن نعد الشبكة المحلية داخل الأبنية التعليمية أو المصانع أو المستشفيات أو حتي في الفنادق للإستشعار عما إذا كان هناك مؤشرات تدل على بدء نشوب حريق أم لا. وهنا يكمن الأسلوب الهندسي الصحيح بغرض ملافاة أية أخطار قبل ما تكون مصدرا لنشوب حريق وحتى لا تكون العازلات رديئة العزل بل منها ما يصنع من مواد تشتعل، وهنا تكمن الخطورة، ولذلك يكون واجبا المراجعة الإختبارية الدورية كمهمة أولية لمنع هذه الحالات.

تستخدم النظريا ت العلمية للإستشعار بمولد الحريق ولكننا هنا لن نتعرض لها بل علينا أن نتوجه باسلوب الإدارة لمنع الحريق منذ البداية والإدارة الهندسية الصحيحة تستوجب تجهيز المعدات اللازمة وتكون بحالة جيدة وتختبر كل فترة طبقا للمواصفات القياسية حتى لا يفاجأ المهندس بنقص أو عدم صلاحية أى منها عند اللزوم ووقت ما لن يسعف فيه شيئا . على الجانب الأخر يلزم رفع كفاءة العاملين في هذا التخصص بالدورات التدريبية المستمرة والعمل على إضافة كل ما هو جديد في هذا الصدد.

من الأسس المطلوب العمل بها هو تدريب المتواجدين والمستخدمين للموقع وهنا نتكلم عن الأبنية الصناعية فيكون الدور الأول للمهندس المسؤول عن الأمن الصناعى أن يقوم بتدريب العاملين – وخاصة الجدد - دوريا وكل فترة عن أسلوب التحرك واخلاء المبنى مثل ما يحدث فى الطائرات وتدريب الركاب في أى رحلة دون ملل أو كلل على وسائل الخروج من الطائرة عند الخطر وطبقا لأسلوب منظم . هذا يتم أيضا فى الرحلات البحرية الدولية أيضا والمدارس ليست أقل من ذلك حتى وإن لم يحدث كى يتعود الطلاب والمدرسين والإداريين بالمدرسة على الخروج وقت الأزمات عموما وليس الحرائق فقط ويكون الخطر أقل ما يمكن أو نسمع ما حدث في زلزال أكتوبر 1992. بل وتزداد هذه الأهمية عند التعامل مع المصانع حيث يتواجد ليس فقط رأس المال الضخم بل الأيدي

العاملة الماهرة والمدربة والخبيرة والمنشآت غاية في التعقيد وما يستلزمه من جهد ومال لإعادة العمل للوضع الأولي.

المرحلة الثانية : مكافحة الحريق Fire Fighting

مع بدء هذه المرحلة ينتهي دور مهندس الكهرباء خصوصا ولكن قبل هذه المرحلة يجب أن يتأكد من أنقطاع التيار الكهربي والجهد الكهربي عن موقع الحريقفعلا وهو صلب عمله الهندسي ، بينما يتولى المهام في هذه المرحلة المتخصصون من الأمن الصناعي وغالبا ما يكون فريق مكافحة الحريق (المطافيء) في الحي أو المنطقة أو المحافظة . إذا كان هناك مكافحة حريق محليا فيقع عبءا أضافيا على المهندس المسؤول ولا ينقطع عمله بل يستمر سواء تم الإستعانة بالوحدات المركزية للإطفاء أو تم الإعتماد على القوة المحلية بالموقع فقط تبعا لظروف وشكل الحريق . هذا يضيف المزيد من الأعباء وأهمية المتابعة الدورية المنتظمة على هذه الشبكات المحلية ليغطى بها كافة الضروريات الأساسية ضمانا لسلامتها وتواجدها في الموقع.

تعتبر محطات ضخ المياه **Pumping Station** في هذه الحالة من اهم العوامل اللازم مراجعتها لأنه عليها غالبا من الأليات التي تعمل كهربيا مما يكون لمهندس الكهرباء في المنطقة من عمل هام ويلقى على أكتافه المزيد من العمل والذى قد يراه أحيانا لا لزوم له ، وهنا تكمن الخطورة حيث الأهمال الناتج عن الملل الإدارى لمراجعة جزء لا نستخدمه ولكنه في الحقيقة معد كى لا نستخدمه ولا نحب أن نستخدمه . واجبنا أنه إذا أستخدمناه يكون علينا التأكد من صلاحيته للإستخدام ولن ينفع الندم أو النظر إلى الخلف والعمل الهندسي لا يعترف بهذه العبارات التى يستخدمها البعض في مثل هذه الحالات.

محطات الأطفاء **Fire Pumping Stations** سواء المحلية بالموقع أو بالمنطقة فإنها تتحمل الدور كاملا عند مكافحة الحريق ومنها النظام الآلى ومنها اليدوى ويتبع النظام الآلى فى محطات الكهرباء ومحطات المحولات وأحيانا فى أكشاك الكهرباء ولكنها باهظة التكلفة ويوجد منها أيضا النوعيات التى تعمل بنظم متنوعة مثل :

1- الرزاز المائى

2- ثاني أكسيد الكربون
3- نظم حديثة

8 – 3: تطبيقات

يعتبر الأمن الصناعي من المعايير المهمة أثناء العمل سواء كان أثناء التشغيل العادي أو الطارئ أو سواء كان في حالات الصيانة أو التركيب أو حتي المراجعة (التفتيش) أو سواء كان أثناء إجراء الإختبارات المعملية بالموقع أو في المصنع، وذلك في مختلف المجالات الصناعية وخاصة في المجالات الكهربية، فإهمال اتباع قواعد الأمن الصناعي قد تصل الحوادث التي تحدث نتيجة ذلك إلى حد الكارثة في النفس والأموال ومع الإيمان بالقضاء والقدر والتسليم به إلا أنه لا يقع حادث إلا وأسباب هذا الحادث والعوامل التي أدت إليه موجودة قبل وقوعه.

لذلك يعتبر الاهتمام بقواعد الأمن الصناعي وتطبيقها من العوامل المؤثرة علي سلامة الأفراد والمعدات.

نظرا لأهمية اللوحات الإرشادية وغيرها من المعدات التي تستخدم في الأمن الصناعي فسوف نجدول تلك المهمات التحذيرية و الإرشادية والأدوات المطلوبة للأمن الصناعي وأيضا نضع الجداول الأخرى الهامة في الأمن الصناعي.

الأمن الصناعي يمثل القواعد والأسس التي تتبع عند العمل في المجالات الصناعية و الكهربية والتي يؤخذ بها عند أجراء أعمال الصيانة أو التركيبات أو غيرها من الأعمال في المجالات الصناعية أو الكهربية المختلفة للحفاظ علي سلامة الأفراد والمعدات. كما أنه توجد بعضا من التعاريف الرئيسية في مجال الأمن الصناعي منها:

1- معدات الجهد العالي

هي جميع المعدات ذات جهد التشغيل الذي يزيد عن 1 ك. ف.

2- خطر

إنها عبارة مقننة للتحذير من أي عمل يؤدي إلى أصابة الأشخاص أو فقد للحياة أو الصحة بسبب صدمه أو حريق أو اختناق أو أي سبب آخر.

3- ميت

يطلق مسمى ميت على السلك غير المكهرب أو الكابل الذي ليس عليه أي جهد كهربي أو الجزء الخالي من الجهد عموما أي الأجزاء تحت جهد يساوي أو حوالي الصفر ومفصول عن شبكة مكهربة ومؤمن ضد التوصيل.

4- أرضي رئيسي

هو الأرضي المركب على المعدات الذي يوضع بواسطة سكاكين بناء على تعليمات مهندس التحكم.

5- الأرضي الإضافي

هو أرضي من نوع معتمد يوضع في مكان العمل بعد إصدار أمر الشغل والتصريح بالعمل وقبل البدء في العمل .

6- مؤرض

تعني هذه العبارة ان هذا الجزء المؤرض عبارة عن جزء موصل بالأرضي العمومي أو المحلي بحيث يضمن التفريغ الفوري والكامل للطاقة الكهربية في أي وقت وفي جميع الحالات كما أنه لا يشكل أي خطر عموما على المقترب منه.

7- حي

هي عبارة مقننة تعني أن هذا المكان مكهرب أو مشحون كهربيا وفي حالة انقطاع التغذية عن أي معدة تعتبر هذه المعدة حية – لأنها قابلة لأن يظهر عليها الجهد فجأة وفي أي وقت دون سابق إنذار - إلا إذا تم عزلها وتأريضها. كما تطلق نفس العبارة على أي من الأجزاء غير متصل بالشبكة وغير مؤرض أو ان الجزء جاهز للتوصيل الكهربي مع الشبكة سواء قبل بدء التشغيل لأول مرة أو للإختبارات الكهربية والتي تتم بصفة دورية على المعدات والأجهزة بالمواقع.

8- المناورات

هي إجراءات وخطوات العمل الهندسي والتنفيذي من أجل فصل أو توصيل المعدات الكهربية أو الأجهزة الكهربية أو الأدوات الكهربية أو الموصلات الكهربية أو الدوائر الثانوية أو الدوائر الرئيسية أو الأراضي الرئيسية بواسطة أدوات القطع الكهربية مثل المفاتيح أو السكاكين أو المصهرات.

9- لوحة تنبيه

هي لوحة في شكل معتمد تعلق بالمعدة في مكان واضح أو جهاز التحكم الخاص بها للتنبيه بعدم التدخل في هذه المعدة.

10- لوحة تحذير

هي لوحة في شكل معتمد تعلق بالمعدة أو المناطق المكهربة للإنذار من خطر الاقتراب أو التدخل في هذه المعدة أو المنطقة.

11- أمر الشغل

هي نماذج معتمدة وموقع عليها من مصدر أمر الشغل والرئيس المسئول ومسئول التشغيل للقيام بعمل محدد على معدة جهد عالي والغرض من هذه النماذج تحديد العمل المطلوب وتعريف منفذ العمل بصورة أكيدة بأن إجراءات الأمن التي اتخذت كافية لتنفيذ العمل في أمان بعد قيامه بتنفيذ إجراءات الأمن الإضافية المحددة بأمر الشغل كما يقوم منفذ العمـل بالتوقيع على أمر الشغل مما يفيد بأن الإجراءات التي اتخذت كافية وأن يتعهد بأنه هو والمجموعة التي تتبعه سيقومون بتنفيذ جميع قواعد الأمن الصناعي.

أولا: أهداف الأمن الصناعي

تنحصر أهداف الأمن الصناعي في حماية العاملين والمتعاملين مع معدات الجهد العالي بجانب وقاية المعدة ذاتها من اتلف نتيجة الخطأ أو الإهمال ونضه أهم هذه الأهداف في:

1- وقاية مقومات الإنتاج البشرية من الأضرار الناجمة عن مخاطر العمل وظروفه بمنع تعرض العاملين للحوادث والإصابات المرضية أو المهنية.

2-وقاية مقومات الإنتاج المادية بالمحافظة على أجهزة ومواد الإنتاج من التلف أو الضياع نتيجة الحوادث.

3- توفير الاحتياطات اللازمة التي تكفل بيئة عمل آمنة وتحقق الوقاية من المخاطر للمترددين أو المجاورين للمواقع الصناعية فضلا عن العاملين بها.

4- تخفيض تكلفة الإنتاج عن طريق توفير المصروفات الاستهلاكية التي تنفق على المصابين أو المضارين والمتضررين وكذلك تقليل نفقات تدريب العاملين الجدد والذين يأتون من أجل أن يحلوا محلهم، فضلا عن ذلك وهو ما يخص الناحية البشرية يكون هناك مقابلا لذلك الأمن الصناعي ويتمثل

فيتوفير الوقت الضائع نتيجة الحوادث والإصابات مما يساعد بشكل غير مباشر علي قيمة الإنتاجية في العمل والمساهمة في انجاز الخطط الهندسية في وقتها المحدد تبعا للتخطيط المسبق.

ثانيا : فئات الأمن الصناعي

إنها تنحصر في خمس مستويات نضعهم في ما يلي:

1- الفئة الأولى

إنهم الأشخاص القائمون بالعمل في محطات التوليد والشبكات وليس لديهم معرفة عن الكهرباء أو فكرة واضحة عن أخطار التيار الكهربي وتعليمات الأمن الصناعي وهم:

أ) عمال عاديون.

ب) عمال البناء.

ج) عمال النظافة.

د) الخفراء.

هـ) العاملون الذين لم يجتازوا اختبار وقدرات الأمن الصناعي.

2- الفئة الثانية

هم أولئك الذين يتمتعون بالخصائص التالية:

أ) لديهم فكرة أولية عن المعدات الكهربية.

ب) لديهم فكرة عن أخطار التيار الكهربي والاقتراب من الأجزاء تحت الجهد.

ج) لديهم فكرة عن قواعد عامة للأمن الصناعي

مثل: (عمال نظافة – سائقو أوناش بالمنشأة الكهربية- عمال محركات كهربية- خريجو مدارس صناعية ومعاهد التدريب المهني وأعداد فنيين).

3- الفئة الثالثة

هم من يتوفر فيهم الشروط الآتية:

أ) لديهم معلومات أصلية عن المعدات الكهربائية.

ب) لديهم فكرة عن أخطار التيار الكهربي عند الاقتراب أو العمل على الأجزاء تحت الجهد.

ج) ملمين بالقواعد العلمية للأمن الصناعي و التعليمات الإضافية و قواعد التصريح بالعمل على المعدات الكهربائية.

مثل(الكهربائيين(خبرة)- خريجو إعداد فنيين- المهندسون).
4- الفئة الرابعة
هم أولئك الذين يتمتعون بالخصائص التالية:
أ) لديهم معلومات دقيقة عن المعدات الكهربائية.
ب) لديهم معرفة تامة ن أخطار التيار الكهربي عند الاقتراب أو العمل تحت الجهد مثل: (الكهربائيين - الملاحظين - مسئولو التشغيل بمحطات التوليد و المحطات الفرعية (خبرة)- إعداد فنيين- مهندسون).
5- الفئة الخامسة
تعتبر الفئة الخامسة أعلي الدرجات أو الفئات في العمل طبقا لمقننات الأمن الصناعي وهي المناط بها الإدارة الأعلي للإشراف علي الأعمال المختلفة وهم الذين يجب أن تتوافر فيهم الشروط السابقة جميعا بالإضافة إلي:
أ) أن يكون لديهم المقدرة الكافية لتنظيم وتدبير الوسائل التي تكفل الأمن عند أجراء العمل والقيام بدون المتابعة العامة.
ب) أن يكون لديهم المعرفة الدقيقة بالرسومات والدوائر والمعدات بالقسم الذي يعمل به، مثل: (خريجو المدارس الصناعية – إعداد فنيين – مهندسون).

ثالثا : الإجراءات التنظيمية

تتم الإجراءات التنظيمية التي تكفل الأمن في العمل بالترتيب الأتي دون أي خلل:
1- الحصول علي الموافقة للقيام العمل المطلوب.
2- إصدار أمر الشغل.
3- التصريح بالعمل.
4- الملاحظة أثناء العمل.
5- مغادرة مكان العمل وإنهاء العمل اليومي.
6- إنهاء العمل نهائيا.
كما يمكن تخصيص بعض الحالات في أطر الإجراءات التنظيمية العامة ،ذه وهو ما يمكن ذكره في نقاط هي:

1- الإجراءات الفنية

يجب تنفيذ الخطوات الفنية التي تكفل الأمن في العمل عند الفصل الجزئي أو الكلي للجهد وهي الآتية بالترتيب دون أي خلل و ذلك لتجهيز مكان العمل:

أ)إتمام عمليات الفصل ثم اتخاذ الإجراءات اللازمة لضمان عدم إعادة التوصيل الخاطئ أو الذاتي و تعليق لافتات التنبيه والتحذير (ممنوع التوصيل – يوجد عاملون).

ب) التأكد من عدم وجود جهد على الأجزاء الناقلة للتيار التي سيتم العمل عليها.

ج) وضع الأرضي ووضع لافتات الأرضي.

د) تسوير مكان العمل وتعليق لافتات التنبيه والتحذير.

2 - إجراءات الفصل

إنها إجراءات تعمل علي تأمين عدم التوصيل الخاطئ أو الذاتي وذلك من خلال الخطوات الآتية:

أ) يتم فصل الجهد عن الأجزاء الناقلة للتيار التي سيتم عليها العمل وكذلك عن الأجزاء التي تبعد بمسافات تقل عن مسافات الأمان المعروفة (كما سبق بيانها في الجدول رقم 8 – 1)، وفي حالة تعذر فصل الأجزاء القريبة والتي تبعد مسافات أقل من مسافات الأمان المعروفة تثبت فواصل عازلة معتمدة وبدقة تامة تحت إشراف الرئيس المسئول عن العمل.

ب) يجب أن يتم فصل المعدة من جميع جهات مصادر التغذية مع فصل محولات الجهد المتصلة بها ومعدات التأريض لنقط التعادل إن وجدت وأن يكون الفصل مرئيا . يعتبر الفصل مرئيا إذا تم بواسطة سكاكين ظاهرة أو بواسطة نزع المصهرات أو أجزاء من قضبان التوزيع أو الأسلاك أو إخراج المفاتيح المتحركة من مكانها.

ج) يتم تأمين عدم إعادة السكاكين والمفاتيح وذلك بطريقتين على الأقل من الطرق الآتية:

* فصل تيار التشغيل وتأمين عدم إعادة توصيله.
* قفل محابس الهواء وتأمين عدم أعاده فتحها بواسطة أقفال أو رفع الطارات.
* تثبيت وضع الفصل للسكاكين بواسطة أقفال على أذرع التوصيل.

* وضع فواصل عازلة بين ملامسات السكاكين.
* قفل أبواب لخلايا الخاصة بتشغيل السكاكين بواسطة أقفال.
* أن يتم وضع المفاتيح الخاصة بوسائل العزل وتأمين عدم إعادة التوصيل الخاطئ أو الذاتي.
د) يتم تركيب لافتات التنبيه في الحالات السابقة (ممنوع التوصيل. يوجد عاملون).

3- التأكد من عدم وجود جهد

يتم التأكد من عدم وجود جهد بالطرق الآتية:
أ) باستعمال مبين جهد معتمد مناسب لجهد المعدات التي سيتم العمل عليها وذلك حتى جهد 220 ك. ف.
ب) لا يجوز استعمال هذه الطريقة للجهد 132 ك. ف. إذا كان الجو رطبا.
ج) تتبع الدوائر الرئيسية الناقلة للتيار والتأكد بالنظر من عزل المعدة وأن جميع السكاكين المتصلة بمصادر التغذية مفصولة.
بالإضافة إلى ما سبق ذكره يجب ملاحظة الآتي:
أ) عدم وجود أصوات الشرارة عند أطراف السكاكين وعلى العوازل والموصلات.
ب) عدم ظهور كورونا حول الموصلات .
ج) عدم وجود صوت بالمحولات وأن تكون قراءة الفولتميتر على الصفر.

4- وضع الأرضي

أ) بعد التأكد من وجود الجهد يتم وضع الأرضي الرئيسي على الثلاثة أوجه للأجزاء الناقلة للتيار التي تم فصلها ومن جميع الجهات التي يمكن عن طريقها وصول الجهد إليها وذلك بتعليمات من مهندس التحكم المختص.
ب) يتم عمل أرضي إضافي في مكان العمل، وفي حالة وجود جهود تأثيرية مؤثرة يجب وضع أرضي إضافي قبل وبعد مكان العمل.
ج) يجب قياس مقاومة شبكة الأرضي العمومي للمحطة كل عام في الأماكن المحددة لذلك والتأكد من وجود اتصال جميع الأجزاء المؤرضة بهذه الشبكة العمومية.
د)يجب تأريض الثلاثة أوجه حتى لو كان العمل على طور واحد.

5 - تسجيل الأرضي

يتم تسجيل التوصيل بالأرضي على النحو التالي:

أ) عند وضع الأرضي الرئيسي يجب تسجيل اسمه ووقت توصيله بسجل التشغيل وأمر الشغل وتوقيع ذلك على رسم المحطة اليومي.

ب) عند وضع الأرضي الإضافي يجب تسجيل رقمه ومكان ووقت تثبيته بسجل التشغيل وأمر الشغل.

ج) يجب وضع خط أحمر تحت بند تسجيل الأرضي بسجل التشغيل.

د) عند رفع الأرضي يتم ذلك بسجل التشغيل ووضع خط أزرق تحت الخط الأحمر المذكور بالبند السابق.

6- تسوير الموقع وتعليق لوحات تنبيه وتحذير

أ) يتم تسوير مكان العمل بحيث يحدد المكان الذي يمكن لمجموعة العمل التحرك فيه لتنفيذ أعمالهم بأمان على أن يحدد مكان دخول وخروج المجموعة ويتم ذلك على النحو التالي:

الأول: مناطق العمل الخارجية (الأحواش)

يتم التسوير بواسطة حبال مربوطة بقواعد ثابتة و تعلق عليها لافتات التنبيه اللازمة.

الثاني: داخل المباني

يتم استعمال فواصل أو حبال لتحديد مكان العمل و تعليق لافتات التنبيه اللازمة.

ب) اللافتات والأسوار التي تم تجهيزها قبل البدء في العمل لا يجوز رفعها أو تعديل وضعها أثناء العمل لأي سبب كان.

رابعا: العمل على الخطوط الهوائية

يعتبر العمل مع الخطوط الهوائية من أخطر الأعمال الكهربية لأنه يتم في أماكن غير منتظمة أو مكتبية حيث يمر الخط في الصحراء والأراضي الزراعية وهكذا، لذا نتناول هذا الموضوع من وجهة نظر الأمن الصناعي في محورين:

المحور الأول: صيانة الخطوط الهوائية

يجب تجهيز جميع أبراج الخطوط الهوائية بالآتي:

1- تركيب مانع من الصعود على بعد لا يزيد عن 5 متر عن سطح الأرض وذلك بتركيب سلك شائك يحيط بالبرج وفي حالة الأعمدة يتم لذلك عمل حلقة مزودة بأسياخ، كما أن الجدول رقم 8-6 يبين مسافات أقرب مسمار صعود علي البرج من أسلاك الجهد العالي ومسافات الأمان التي لا يجوز تجاوزها بين آخر مسمار للصعود على أبراج الخطوط الهوائية و الموصل السفلي

جدول رقم 8-6: مسفات الأمان التي لا يجوز تجاوزها بين آخر مسمار للصعود على أبراج الخطوط الهوائية و الموصل السفلي

الجهد (ك. ف.)	66	132	220	500
أقل مسافة	3.25	3.6	4.50	6.50

2- تركيب لوحات تحذيرية (خطر الموت) على جميع الأبراج والأعمدة.
3- تثبيت لوحة على جميع الأبراج والأعمدة مدون في وسطها رقم البرج واسم الخط وفي حالة الخطوط ذات الدوائر المزدوجة توضع أرقام كل دائرة علي اللوحة المذكورة جهة الدائرة المعنية.

أما بالنسبة لقواعد الأمان عند العمل علي الخطوط الهوائية فهي:

أ) لا يتم أي عمل على الأبراج الهوائية أو على أي جزء أعلى من مانع التسلق إلا بموجب أمر شغل.

ب) إذا كان العمل لا يستدعي اقتراب العاملين أو أطراف المعدات التي يحملونها من موصلات حيه إلى أقل من المسفات المتعارف عليها والتي ذكرت في جداول المسافات (جدول رقم 8-1)، كما يجب تحديد منطقة العمل بواسطة الحواجز النقالي أو الحبال أو الأعلام أو لوحات التحذير الحمراء بحيث تمنع اقتراب أي شخص آخر يعمل على البرج من المسافات المذكورة و أثناء عمل ذلك يكون الشخص المعني تحت ملاحظة شخص آخر على سطح الأرض.

ج) إذا كان العمل يستدعي اقتراب العاملين أو أطراف المعدات التي يحملونها من الموصلات الحية إلى أقل من المسافات المبينة بالجداول فيجب فصل الدائرة التي سيتم العمل عليها أو بالقرب منها مع اتباع التعليمات الآتية:

بالإضافة إلى جميع إجراءات الأمن المبينة (إجراءات ضمان عدم التوصيل الخاطئ أو الذاتي - تعليق لافتات التنبيه والتحذير- التأكد من عدم وجود جهد- وضع الأرضي ووضع لافتات الأرضي- التصريح بالعمل- الملاحظة أثناء العمل) ويجب إتباع الخطوات التالية:

أ) يلزم مصدر أمر الشغل للشبكات المعين من قبل رئاسة المنطقة بطلب العمل على الدائرة من مركز التحكم محددا في الطلب أسم الرئيس المسئول عن العمل.

ب) يقوم مصدر أمر الشغل (إذا كان بعيدا عن مكان العمل) بإبلاغ أمر الشغل تليفونيا من موقع عمل تابع للهيئة وبإشارة رسمية إلى المسئول عن تشغيل المحطة التي يبدأ من عندها العمل وإلى الرئيس المسئول عن العمل ويقوم مصدر أمر الشغل بكتابة نسخة من أمر الشغل .

ج) يتم التصريح بالعمل بناء على إشارة الموافقة على بدئه من مركز التحكم المختص والتي يجب تسجيلها تحت بند مختص بسجل التشغيل وتسجيل الإشارة من مسئول تشغيل المحطة بأمر الشغل.

علي الجانب الآخر هناك تعليمات أساسية عند التعامل مع الخطوط الهوائية وهي ما تمثل أعلي نسبة خطورة بين جميع العناصر الكهربية في الشبكات الكهربية سواء كانت توزيع كهربي أو نقل كهربي وهذا يرجع إلي أنها تمتد في الأراضي الشاسعة والتي غالبا ما تكون خالية من العمران وهذه التعليمات تتمثل في:

الأول : يجب وقف العمل فورا وتعليق أوامر الشغل في حالة سوء الأحوال الجوية أو سقوط الأمطار أو حدوث البرق والرعد أو حلول الظلام.

الثاني : لا يجوز العمل علي برج تفريغ إلا بحضور الرئيس المسئول وتحت إشرافه كما يجب إعطاء اهتمام خاص بالعمل على أبراج النهاية وأبراج الزوايا الكبيرة وأبراج التبادل.

الثالث : عند دهان الأبراج بالفرش يجب إلا يزيد طول أيدي الفرشاة عن 30 سم وفي حالة الدهان باستخدام الرش يجب مراعاة عدم توجيه الرش إلى الموصلات والعوازل.

الرابع : ممنوع رمي إي شئ إلى أعلى لتوصيله للعاملين.

المحور الثاني: غسيل العازلات تحت جهد

أ) لا يتم العمل في غسيل العازلات تحت الجهد إلا بموجب أمر شغل خاص.
ب) يجب على مهندس التحكم المختص فصل أجهزة إعادة التوصيل التلقائي للدائرة التي سيتم العمل عليها قبل إعطاء الموافقة اليومية على بدء العمل بعد إخطاره ثم بانتهاء العمل عليه إعادة أجهزة التوصيل التلقائي للعمل.
ج) يجب اختبار جميع العاملين في عملية الغسيل تحت الجهد لصلاحيتهم لأداء هذا العمل وفهمه بصوورة تامة.
د) يتم الكشف الطبي على العاملين في الغسيل ويتم إثبات نتيجة الاختبار وتاريخ آخر كشف طبي للتأكد من قدرة العامل على القيام بالعمل.
هـ) يجب استخدام الأجهزة المساعدة مثل البدلة الواقية واالقفازات العازلة والنظارة.
و) لا يصرح بوجود عربة أو معدة أو شخص في المنطقة المجاورة للعمل أثناء تقدم العمل بدون إقرار من الرئيس المسئول عن العمل.
ى) يجب اتباع التعليمات المنظمة للغسيل تحت الجهد حسب الجهود المختلفة والخاصة بالآتي:

1. تأريض المعدة المستعملة في العمل.
2. سرعة الريح واتجاهه.
3. استواء الأرض تحت التلسكوب وزاوية الميل الخاصة به.
4. قطر الباشبوري وضغط المياه وطول عمود المياه والمقاومة النوعية للمياه المستعملة.
5. طريقة الغسيل.

كما يجب أن يتوقف العمل في الحالات الآتية:

1- سقوط الأمطار أو حدوث برق أو رعد.
2- عند تغيير سرعة الريح عن الحدود المسموح بها.
3- حلول الظلام.
4- في حالة اختفاء الجهد سواء بسبب الغسيل أو أي سبب آخر.
5- أدخال صورة نظفة العازلات علي جهد

المحور الثالث: المراجعة العلوية على الخطوط

يتم في هذه الحالة اتباع الإجراءات السابقة من (صدور أمر الشغل و أخذ موافقة مركز التحكم و اختبار العاملين لمعرفة مدى صلاحيتهم لأداء العمل والكشف الطبي عليهم ..إلخ.) ويضاف إليهم أنه:

أ) لا يجوز صعود أكثر من شخص واحد إلى أعلى البرج للقيام بفحص الخطوط على أن يكون مزودا بحزام أمان وتحت المراقبة الدائمة لمنفذ العمل.

ب) لا يجوز صعود الشخص المكلف بالعمل على سلالم البرج إلى مسافة تبعد عن الموصلات الحية بمسافات أقل من المجدولة.

يجب أن يتوقف العمل في الحالات الآتية:

1. سقوط الأمطار أو حدوث برق أو رعد.
2. عند تغيير سرعة الريح عن الحدود المسموح بها.
3. حلول الظلام.
4. في حالة اختفاء الجهد لأي سبب.

المحور الرابع : قياس توزيع الجهد على العازلات

1- لا يتم قياس توزيع الجهد على العازلات إلا بموجب أمر شغل واتباع الإجراءات المعروفة من أخذ الموافقات من مركز التحكم والتأكد من الصلاحية الفنية للعاملين و إجراء الكشف الطبي عليهم.

2- يجب اختبار جميع المعدات المستخدمة في العملية سنويا للتأكد من صلاحيتها للعمل على أن يثبت ذلك في شهادة خاصة بكل معدة.

3- يجب التأكد عند استعمال العصا العازلة أن تكون جافة ونظيفة وأن يكون دهان الورنيش سليما خاليا من الخدوش

4- يجب أن يراعى عند مسك العصا العازلة عدم تعدي العلامة المحددة لذلك.

5- يجب أن يتوقف العمل في الحالات المذكورة سابقا.

6- لا يجوز اصطحاب أي آلة إلى أعلى البرج سوى جهاز الاختبار المعتمد.

7- يجب بذل حرص خاص عند أبراج الشد وأبراج التبادل للدوائر المزدوجة وأبراج التفريع وأبراج النهاية وذلك لقصر المسافات بين وصلات الربط الكهربائية.

8- يجب تواجد وسيلة للاتصال مباشرة و مستمرة بين مكان العمل وأقرب محطة لتكون وسيلة الاتصال بينه وبين مركز التحكم المختص.
9- يجب استخدام الأجهزة المساعدة مثل البدلة الواقية و الجوانتيات العازلة والنظارة.

8-4: مستوي الخطورة للتركيبات

تنقسم مستويات الخطورة إلي ثلاث مستويات (جدول رقم 8-7)

جدول رقم 8- 7: مستويات الخطورة للتركيبات والتمديدات الكهربية

المستوي	الأول	الثاني	الثالث
المحتوي	غازات وأبخرة	أتربة وغازات مختلطة	عوالق وشوائب
الخطورة	تساعد علي الإنفجار	قابلة للإحتراق	تساعد علي للإشتعل

جدير بالذكر أن كلا من هذه المستويات الثلاث يتكون من قسمين يعتمدان علي التأثير الزمني وهما:
1- التأثير الزمني المستمر بصفة دائمة
2- التأثير الزمني المتقطع
بالإضافة إلي ذلك فان كل قسم من القسمين يحتوي عددا من المجموعات لتحدد ترتيب الخطورة تبعا لنوعية المكونات داخل كل مجموعة كما هو مبين في الجدول رقم 8- 8.

جدول رقم 8- 8: مجموعات الخطورة

مجموعة	المحتوي	مجموعة	المحتوي
A	أستلين وهي أخطر المجموعات	E	أتربة معدنية – برادة أولومنيوم – حديد – منجنيز
B	أيدروجين – أبخرة صناعية	F	دقائق كربونية – دقائق فحمية
C	الإثيل – الأثير – الإثيلين - سيكلوبروبان	G	أتربة خاملة محملة بالحبوب والدقيق – الأتربة النشاوية
D	جازولين – بنزين – بوتان بروبان – كحوليات		

جدير بالذكر أنه لأول وهلة قد يتصور البعض أن هذا الخطر يخص النواحي الكيميائية ولكنه في الحقيقة يتبع التركيبات والتمديدات الكهربية بشكل عام وبصورة خاصة في المناطق الصناعية حيث تكون هذه التوصيلات في نطاقين:

النطاق الأول: التمديدات المباشرة

في هذا النطاق تكون التركيبات والتمديدات الكهربية هي التي تعمل علي توصيل الطاقة والقدرة المطلوبة للعمل الصناعي داخل هذا الوسط أي المجموعة بقسمها المعين وبالمستوي المحدد من الجداول السابقة، ومن ثم تكون التركيبات منذ البداية ملائمة لهذا المستوى الخطر فمثلا التوصيلات في محطات البنزين والسولار يجب أن تكون مضادة للإشتعال أو الاحتراق. هنا تظهر الجدية لدي المصمم أو المنفذ لأنه كما تتواجد الكبلات أو الأسلاك القابلة للإشتعال توجد نفس الكابلات ولكنها غير قابلة للإشتعال أو الإحتراق ولكنها بسعر باهظ نسبة إلي تلك الأولي لذا يجب الإلتزام بتنفيذ المواصفات الآمنة هندسيا وليست الأرخص سعرا وهكذا في المستويات الأخرى.

النطاق الثاني: التمديدات غيرالمباشرة

في هذا الصدد نجد أن التركيبات أو التمديدات قد تتعرض لأي سبب أو نتيجة لأي خطأ من عمليات التشغيل في المصنع أو في مصنع قريب له علاقة مكانية لأحد مستويات الخطورة المحددة عاليه ومن ثم يلزم أن تؤخذ في الإعتبار عند تصميم الشبكات الكهربية كي تتناسب مع هذه الأوضاع في حالات الخطأ البشري أو التقني علي الجانب الآخر نجد أنه يلزم التعرف بصفة مستمرة عن نوعية الصناعات المجاورة أو تلك ذات العلاقة المكانية وخصوصا عند إنشاء أي من المواقع الصناعية وبنائها بالقرب من الموقع الصناعي القائم كي يتم ملافاة مثل هذه العيوب التي قد تأتي بعد العمل والتشغيل. بهذا يكون لازما إعادة التصميم ليتلاءم مع الأوضاع المستجدة علي أرض الواقع.

علي الجانب الآخر تأتي مقننات التمديدات الكهربية من أحد الأسباب الرئيسية التي تمنع حدوث الخطأ التقني فمثلا يلزم تقدير التيارات الكهربية المقننة بشكل صحيح لكل جزء من أجزاء الدوائر والشبكات الكهربية وعند

التعامل مع شبكلات التوزيع وعند الجهد 220 / 380 ف. نجد أنه من الهام وضع التيار التصميمي لكل جزء أو أطراف التمديدات بحيث تلبي أقصي طلب للتيار دون حدوث خلل وعلي سبيل المثال نجد مقننات التيار الكهربي لنقاط الاستخدامات المختلفة في التمديدات الكهربية عند جهد الاستغلال 220 / 380 ف قد جدولت في الجدول رقم 8- 9.

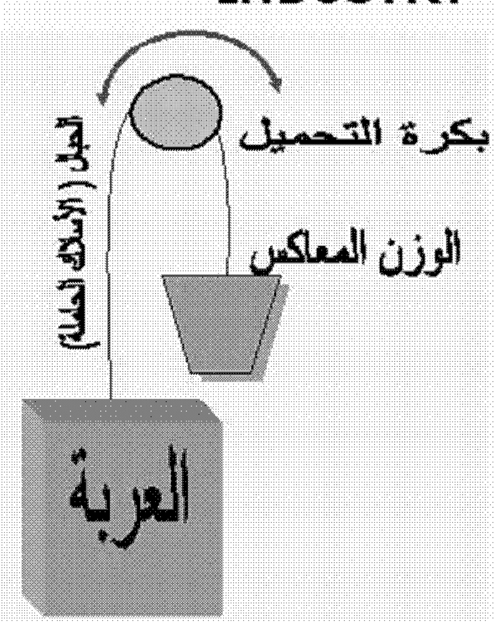
جدول رقم 8- 9:مقننات التيار لنقاط الاستخدامات المختلفة في التمديدات الكهربية جهد 220 ف

النوع	التيار التصميمي	النوع	التيار التصميمي
برايز 2 أ مخرج إضاءة	علي الأقل ½ أ لكل بريزة التيار المكافئ لحمل أدني 100 وات	مآخذ غير 2 أ الساعات والأجراس	التيار المقنن للبريزة مهملة
الأجهزة الثابتة	للمخرج الإضافي يضاف 5 أ للمقنن	أجهزة طهي منزلي	10 أ + 30% من المقنن

الفصل التاسع

الأدوات الهندسية في الصناعة
ENGINEERING TOOLS IN INDUSTRY

تتنوع الأدوات المستخدمة في الصناعة وعملياتها المختلفة بشكل يصعب جمعه معا وخصوصا مع التقدم التقني الهائل والسريع بل المتسارع نتيجة لما يصاحبها من جديد كل يوم أو كل ساعة، ومن هذا المنطلق نحصر أكثر هذه الأدوات استخداما في سياق الفصل الحالي حيث نري أن وسائل النقل والتنقل بين المواقع المختلفة داخل المنشآت وفي المباني الصناعية الضخمة ويظهر من أهم هذه المعاملات والأدوات المصاعد سواء لخدمة العاملين أوالعملاء أو المترددين وهناك أيضا الوسائل المتباينة والمساعدة في نقل البضائع ورفعها عن الأرض أو تنزيلها إلي الأرض وحفظ المواد سواء الخام أو المنتجات.



الشكل رقم 9 – 1

9-1: المصاعد الكهربائية
Electric Elevators

تعتبر المصاعد من الضروريات الهامة في التعامل مع الأبنية الشاهقة وكذلك في بعض الحالات الخاصة سواء في طبيعة العمل مثل المستشفيات والمصانع الهامة أو في حالات هندسية معينة مثل أعمال التركيبات والرفع لبعض المعدات كما يتطلب تصميم المصاعد تأمينا عاليا للركاب وأن تكون الخدمة فعالة واقتصادية كما أن الحسابات الإنشائية لا بد وأن تؤخذ جديا في الاعتبار لتحمل الأحمال الديناميكية والإستاتيكية الناتجة عن تواجد وتشغيل المصعد ولهذا نجد أن المصاعد كموضوع حيوي تحتاج إلي بعض الشرح والتفصيل الجوهري نفصله بإيجاز في بنود رئيسية علي النحو المعروض في السطور القادمة.

البند الأول: المكونات Components

نتعامل مع المصاعد بشكل عام حيث نضع المكونات المختلفة للمصعد في نقاط هي:

أولا: الكابينة Car

الكابينة تسمى أحيانا الصاعدة أو العربة وتتكون من هيكل معدني شديد الصلابة ويجب أن تكون خفيفة الوزن بقدر الإمكان (الشكل 9 – 1) وتغطي الجدران بأشكال مختلفة من المادة أو النوع حسب التصميمات الحديثة ويكون لها الأجزاء الأساسية الآتية:

1- باب Door

يجب ألا يقل عرض الباب عن 105 سم ليسهل دخول وخروج الأفراد ويمكن تصنيف العربات هذه تبعا لنوعية الباب:

أ) باب نصف آلي Half Automatic

الباب له نظام عمل حيث يفتح الباب باليد ويغلق تلقائيا ولا يجوز أن يتحرك المصعد إلا إذا كان الباب مغلقا تماما سواء كان الباب يعمل يدويا أو آليا ويتم التحكم في ذلك من خلال دائرة التشغيل حيث يركب جهازا خاصا بذلك علي باب العربة المتحركة.

ب) باب آلي Automatic

الباب الآلي غالبا ما يكون متحركا من الجهتين كسبا للوقت ويعمل بنظامين:

أ) باب يعمل بالأشعة الضوئية Light Beam

تستخدم خلايا ضوئية Photo Cell للعمل الآلي كي يتوقف الباب عن الغلق ما دامت هناك حركة دخول أو خروج عبر الباب من خلال قطع الشعاع الضوئي علي حافة الدخول للصاعدة ولا يحتاج إلي تدخل بشري بينما يغلق الباب آليا إذا استمر الشعاع دون انقطاع لفترة زمنية يتم ضبطها لكل مصعد تبعا لطبيعة المكان والمصعد والمنقولات داخله.

ب) باب يعمل بالوزن Weight Response

هذا النوع من الأبواب يعتمد علي عتبة الباب العاملة علي الوزن طالما هناك من يقف عليها وبالتالي تمنع قفل الباب آليا.

2- أجهزة إشارة Signal Indications

نحتاج هذه الأجهزة لإظهار أي الطوابق يعبرها المصعد Car Position أو إن كانت الحركة صعودا أم هبوطا Car Direction Indicators وهي توضع في العربة من الداخل كما توضع علي كل طابق ويمكن إضافة إشارة لحالة الخلل والطوارئ وقد تكون ضوئية مهتزة الطابع Flickering ويمكن أن تعتمد علي بطارية في حالة انقطاع التيار.

3- أجهزة إنارة Light Lamps

من الضروري أن يتم تركيب مصابيح إنارة داخل الصاعدة سواء كانت من النوع المكشوف أو المغلق لإتاحة الفرصة للركاب كي يقضي احتياجاته الفورية بسهولة ولتكون مصدر أمان للراكب فيه.

4- وسائل استغاثة Alarm

هي وسائل هامة في حالات الطوارئ ويمكن للركاب استخدامها عند اللزوم مثل النفير Horn أو الجرس Bell وذلك في المواقع ذات طبيعة العمل اليومي الكامل ووجود حراسة عاملة به مثل المصانع وأماكن العمالة عموما أو وسيلة نداء (سلكي أو لاسلكي) للباب الرئيسي للمبنى بمكبر يفتح من داخل العربة حتى وأن كانت الكهرباء مقطوعة.

5- أجهزة اتصال Communication Devices

أجهزة الاتصال تتمثل في التليفون أو اللاسلكي وشبكات الحاسوب وذلك في المواقع التي تعمل بنظام الورديات المتعاقبة أي بنظام العمل اليومي الكامل.

6- أجهزة تحريك للباب فتحا وغلقا Door Movement

هذا النوع من الأجهزة يشمل المحرك الموجود عادة فوق العربة المتحركة ويتم تغذيته كهربيا من خلال علبة التوصيل بها وهو مخصص لحركة باب المصعد ويعمل آليا بزمن محدد يمكن تخفيضه في بعض الحالات التي لا تحتاج إلي وقوف طويل باستخدام مفتاح في لوحة التحكم الداخلية بالعربة كما يوجد مفتاحا للوضع المعاكس أي فتح الباب مرة أخرى بعد غلقه، كما يتواجد أعلي الصاعدة أيضا مروحة كهربية لتهوية الكابينة.

7- التوصيلات الكهربائية Electrical Connection

يتم تجميع أطراف التوصيل الكهربائية لحماية الصاعدة وتقصير المسافات وترتيب المسارات وهي تشتمل علي:

أ) علبة توصيل الكابلات والأسلاك الكهربية **Connection Box**

علبة التوصيل هي خاصة أيضا بالتليفونات ومجموعة بطاريات أو واحدة فقط تشحن بصرفة دائمة وتعمل عند انقطاع التيار لوسائل الاستغاثة والإنارة الطارئة بالعربة.

ب) علبة تحكم في تشغيل العربة **Control Board**

هي تلك التي تحتوي علي المفاتيح الخاصة بالأدوار علاوة علي مفتاح بقفل لتشغيل المصعد من عدمه واختياري آخر لتشغيل المصعد يدويا **Independent Service** (مستقلا أو آليا تبعا للمنظومة المسجلة بالذاكرة).

8-أجهزة أمن وتأمين الصاعدة Safety Tools

تعتمد تصميمات الحركة في أماكن معزولة علي محورين أساسين هما:

المحور الأول: فرملة احتياطية Breaking

تتمثل هذه الفرملة الاحتياطية في مواجهة الحالات الطارئة لهبوط الصاعدة المفاجئ وهو ما يتم من خلال ما يعرف باسم البراشوت مثل ما يحدث مع سيارات المسابقات الرياضية أو في الطائرات ومكوك الفضاء.

المحور الثاني: باب طوارئ Emergency Door

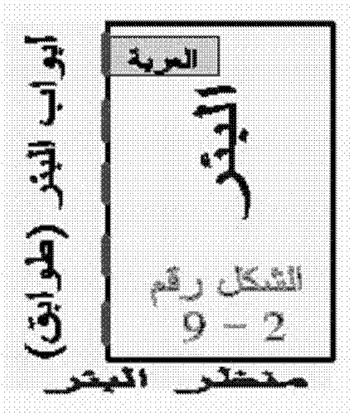
يعتبر هذا الباب بمثابة مكان يمكن فتحه بسهولة في حالات الطوارئ إذا توقف المصعد بين الطوابق أو لم يفتح الباب الخاص بالعربة.

9- وسائل راحة الركاب Comforting

جدير بالذكر هنا أن التطور التكنولوجي والتطور العلمي المستمر يعطي من التطور المواجه لخدمة الإنسان علي البسيطة ليس فقط في المجال الكهربي بل علي كافة المستويات وفي كل التخصصات ومن ثم نجد أن وسائل راحة الركاب تشمل العديد من الأدوات والمهمات مثل مقابض ومساند ومرايا ومن الممكن أن تظهر وسائل أخري وغير ذلك من وسائل والتي قد تكون إذاعة محلية كما يلزم أيضا تجهيزات للتهوية الطبيعية للهواء داخل العربة ومن الممكن أن تتم هذه العملية وهي دورة الهواء بأن تكون بطيئة الحركة ومن الممكن تحقيق ذلك من خلال مروحة مخصصة لسحب الهواء من العربة وهي التي تقوم بسحب الهواء وتجديده بصفة مستمرة.

البند الثاني: نفق مرور Internal Tunnel

نفق المرور عبارة عن حجم الفراغ اللازم وهو ما يعرف أيضا بئه الممر أو باسم النفق ومع كل هذه المسميات إلا أنه يخصص لحركة عربة المصعد (الكابينة) داخل المبني أو خارجه ولذلك يصمم النفق علي أن يحتوي العربة بجانب أن تكون هناك من الفراغ المضاف وهو الفراغ اللازم لأعمال التركيب والصيانة وتركيب كافة المكونات المساعدة لتأكيد حركة وأمان العربة ويعرف باسم البئر في بعض الأحيان وبالتالي فهو ممر داخل للعربة بين الطوابق ولذلك لا بد وأن يحتوي علي الأجزاء التالية:



الشكل رقم 9 – 2
مقطع البئر

1- باب لكل طابق Floor Door

يمكن أحيانا استخدام مصعدين يكون أحدهما للطوابق الفردية والآخر للفردية ومن ثم يتناقص عدد الأبواب المطلوبة إلي النصف لكل منهما أما

إذا كان البئر هذا يحتوي علي العربتين معا فيكون في كل طابق باب أو أثنين حسب الاختيارات الأولية للتصميم وهذه الأبواب تلي بعد باب العربة المتحركة ولها أعتاب ذات مواصفات فنية محددة وتعمل أيضا بنفس الأسلوب الخاص بالعربة وتتنوع أيضا كما سبق التنويه ويوضع علي كل باب مؤشرات لتوضيح اتجاه العربة وكذلك مبينات ضوئية لتوضيح موقع العربة بجانب إشارة وصول العربة *Arrival Indicator* (شكل رقم 9 – 2).

2- قضبان حديدية (زلقات) Rail Ways

القضبان الحديدية (الزلقات) تماثل تماما قضبان السكك الحديدية والخاصة بمسارات القطارات عليها ومن ثم تتحرك الكابينة صعودا وهبوطا عليها، وهذه القضبان تعمل كدليل لحركة الكابينة داخل البئر. من الجهة الأخري فهذه القضبان الحديدية تتعرض لأحمال كبيرة من الإحتكاك ولهذا يجب أن تكون ملساء ومن هنا يجب أن يتم تشحيمها بصفة مستمرة حيث تتحرك العربة عليها هبوطا وصعودا ويجب أن تساعد علي الحركة السليمة وبدون أي تأرجح لجسم العربة بل يجب أن تكون دليلا للحركة الصامتة أي بدون صوت مزعج ولذلك من الممكن أن تتم الحركة علي القضبان من خلال رولمان بلي (الأفضل) بدلا من التزلق المباشر وعادة تأخذ الشكل المقطعي علي شكل حرف T كما يركب عليها من أسفل في نهاية المشوار الخاص بالصاعدة مخمدات (ياي) لامتصاص التذبذب الحركي نتيجة اصطدام العربة في نهاية المشوار وهي إما أن تكون نبضية الطابع أو هيدروليكية. لذلك تمتد هذه القضبان الحديدية بطول النفق علي طول مسار الكابينة داخل الممر.

3- الأسلاك الحاملة Wires

هي الأسلاك Wires من الصلب وهي الأسلاك الحاملة للعربة وهي أيضا التي تتحمل الإجهاد الديناميكي والاستاتيكي نتيجة الأحمال المختلفة من وزن العربة إلي الحمولات التي تحتلها العربة. كما تمر هذه الأسلاك من فوق بكرة ماكينة الرفع وترفع من الجهة الأخرى الوزن المعاكس وهي من النوع المجدول (المضفر) ويجب أن يكون قطر الأسلاك مناسبا لقيمة الشد اللازم لرفع أقصى الأحمال في أسوأ الظروف من ناحية التصميم مع معامل الأمان الخاص بالتصميم علاوة علي أن مادة الأسلاك هامة وأساسية وهي

من المفروض أن تكون من الصلب. كما يلزم تشحيم هذه الأسلاك كلها وبصفة دورية مستمرة لتقليل تأثير الاحتكاك الناشئ عن حركة العربة، والتأكد بصورة منتظمة علي هذا التشحيم تسهيلا للحركة بدون فقد حراري وبالتالي بدون استهلاك لعمر هذه الأسلاك.

4- وزن معاكس Opposite Weight

هو الوزن المقابل أو الثقل الموازن لوزن العربة كي تتوازن الحركة وتكون الحركة أكثر استقرارا بسرعة ثابتة خلال المشوار المحدد، كما يجب أن يوضع هذا الثقل في فراغ محدد داخل البئر مما يستوجب أن توضع له قضبان كدليل حركة ويتم تركيب الثقل عليها كي تسير في مسار محدد داخل الفراغ بالبئر.

البند الثالث: غرفة الماكينات Machine Room

تقع هذه الغرفة إما أعلى المصعد فوق السطح أو أسفله في البدروم وهي ذات صفات ومقننات هندسية خاصة ولها مواصفات إنشائية من حيث القاعدة الخرسانية بالكمر الحديدي اللازم لتثبيت المحركات أو الوسائل والحسابات الميكانيكية الخاصة بديناميكية التحميل والقوى المؤثرة علي حركة المصعد أو مكونات هذه الغرفة وهي تشتمل علي:

أولا: المحركات Motors

تتباين المحركات المستخدمة في تحريك المصاعد فهي إما محركات تيار مستمر أو تيار متردد وذلك لجر الأسلاك الحاملة للعربة مضافا إليهم محرك تحريك باب العربة ولا بد وأن تعمل بكفاءة وتناسق مع الفرامل التي تتحكم في توقيت إيقاف المحرك وبالتالي ضبط الوقوف عند الطوابق المختلفة وهذه العملية يتم تخزينها في ذاكرة المشغلات الدقيقة مرة واحدة في بداية التشغيل ولا يجوز تغييرها كي تنتظم عملية التشغيل بدقة ويمكن مراجعة هذا الضبط في كل عملية صيانة. جدير بالذكر أن عملية الكبح (الفرملة) تعمل بمساعدة محدد السرعة لإيقاف العربة آليا بنظرية الطرد المركزي ويجب أن تفصل التغذية تلقائيا إذا ما زادت سرعة المصعد عن 115 % من المقنن لها وتعمل مجموعة أو مجموعات نقل الحركة بتغيير حركة المحرك الدائرية إلي خط مستقيم علي طول البئر، وتقع هذه المحركات في غرفة المحركات والتحكم وهي عادة تكون أعلي البئر وأحيانا أخرى أسفله

ويجب أن توضع الاعتبارات الإنشائية والأحمال الشديدة للمصعد في الاعتبار عند التصميم.
توجد أيضا أنواعا مختلفة من آلات الجر اللازمة لحركة المصعد المستقيمة وتتنوع إلي:
1- أسطوانة موجهة
2- ملفات
3- العتلة
هي كلها أنواعا للجر الميكانيكي كما تأخذ هذه الأنواع منطلقا محددا نضرعه فيما يلي:
1- تحريك مباشر
يتصل محرك التيار المستمر مع عنصر الجر مباشرة وينقل الحركة بواسطة الأسلاك الرافعة (الحبال).
2- أسلوب تخفيض السرعة
حيث يرتفع سعر مخفض السرعة فيزيد من التكلفة مما ترفع من مزايا النوع المباشر بالرغم من إمكانية التعامل مع كلا من محركات التيار المستمر والمتردد.

ثانيا: دوائر التشغيل Operating Circuits

تتمثل في الدوائر الإلكترونية الخاصة بتشغيل المحركات ووسائل الوقاية والتحكم الخاصة بها وتعمل بالمشغلات الدقيقة (Microprocessor) كأساس للعمل حفاظا علي دقة الحركة المطلوبة والأمان المطلوب توافره فيها ولذلك فإنها تشمل كلا من:

أ) أجهزة التحكم Control Devices

يتم التعامل مع أجهزة التحكم من خلال الدوائر الكهربية والتي تدخل في التشغيل بالمشغلات الدقيقة حيث أن يعتمد هذا النظام علي فرملة التشغيل Inter lock إذا ما كان أحد الأبواب مفتوحا كي نضمن سلامة المستخدم للمصعد ويمنع المحرك من الحركة في هذه الحالة. يضاف في بعض الحالات نظام التشغيل الطارئ عند انقطاع التيار فيعمل نظام التوليد المحلي إلترسل العربات تباعا إلي طابق معين محددا مسبقا كي تفتح أبوابه عندها لخروج الركاب مثل المواقع الضخمة والعاملة في موقع متعدد العربات.

ب) أجهزة الوقاية Protective System

أجهزة الوقاية عموما هي الأجهزة اللازمة لحماية المحركات من زيادة التيار فوق المقنن أو إرتفاع الجهد أو إنخفاضه فيها وقاية زيادة الحمل وزيادة السرعة وفقدان الجهد وزيادة التيار (حالة قصر) وهبوط الجهد أو ارتفاعه أيضا أو تغيير المجال في التيار المستمر، كما أنه من الضروري تجميع كل الأوامر المطلوبة في منظومة منسقة من خلال ذاكرة المشغلات الدقيقة وبذلك تنتظم هذه الأوامر في نظم كما يلي:

النظام الأول: تشغيل مستقل
Independent Operation

هذا النظام يمثل استقلال الراكب للعربة بكل الأوامر طالما أعطي هو الأمر بذلك من خلال مفتاح بالعربة وبالتالي تستقبل العربة أية أوامر خارجية طالما أنهي الراكب أوامره أو توقف عنها فيتيح الفرصة لغيره وهو يلائم كافة الأبنية وكل الظروف.

النظام الثاني: التشغيل التلقائي المفرد
Single Key Operation

يعبر هذا النظام عن التشغيل الآلي من خلال مفتاح وحيد بالعربة ويمكن أن يسمح بتسجيل باقي الطلبات من كافة الطوابق وهو مناسبا للأبنية المنخفضة قليلة الزحام علي العرية وتزيد فيها رحلات الصعود عن خمس مرات / الساعة تقريبا

النظام الثالث: التشغيل المتكامل
Collective Operation

يناسب هذا النظام الأبنية قليلة الزحام ولها ارتفاعات متوسطة وهي تعمل في الزحام الأعلى عن تلك المنظومة السابقة حيث يسمح بتسجيل كافة الطلبات من الطوابق ويجمعها كلها في خطوة واحدة.

النظام الرابع: التشغيل الإختياري
Selective Operation

فيه ينتقي المسجل للطلبات كل الطلبات المتوافقة مع اتجاه الحركة أو الطلب المقبول مستقبلا ويرفض غير المقبول لأنه تم المرور عليه ويعمل آليا ويعطي هذا النظام أحقية التجاوز عن أي من الطلبات المحدد استبعادها

وهو مناسبا للأبنية شديدة الزحام والسكنية ويلائم أيضا أسلوب العمل في المصانع الهامة والمستشفيات وخاصة تلك التي تخص غرف العمليات بالرغم من أنه قد يسبب في بعض الأبنية شيئا من الخلل في دورات عكس الاتجاه وتخطي بعض الطوابق

النظام الخامس: التشغيل الإلكتروني Electronic Operation

يناسب الأبنية الشاهقة مزدحمة الركاب وهو يستجيب لكل الطلبات من كل الطوابق حيث يتوافق العمل مع فترات الذروة والفراغ ويعطي طبيعة تشغيل لكل فترة منها ولذلك يقوم بالتنسيق بين كل الفترات الزمنية ليتلاءم التشغيل مع الظروف المتكررة مثل أوقات الصعود الإجمالي مثل فترة بداية العمل صعودا في الشركات والمصالح والوزارات وكذلك فترة الانتهاء من العمل هبوطا أو فترة الإقبال الجماهيري في المتاجر والمعارض والمتاحف والمكتبات وغيرها.

ج)وسيلة فصل وتوصيل التيار Switching Concept

يتم ذلك بالأسلوب التلقائي أو اليدوي وغالبا يتكون من مفتاح عمومي إلي الغرفة إضافة إلي مفتاح سكينة ومصهر ثلاثي لكل عربة صاعدة داخل علبة مغلقة لا تفتح إلا إذا تم فصل التيار كوقاية أمان من جهة تشغيل المصعد.

د) فرملة الحركة Movement Breaking

هي فرملة هامة لتوقيت التوقف لكل عربة وتقع هذه الفرملة علي عامود إدارة لكل محرك بغرفة المحركات العلوية عادة.

ثالثا: أجهزة اتصال Communication Concept

تتعلق وسائل الاتصالات بين المصعد والعلم الخارجي بمحور الأمن والأمان الصناعي في تشغيل المركبات والمصاعد وتبعا لقانون المصاعد ولذلك يمكننا تنويعها إلي صنفين من الاتصالات التي نحتاجها دائما مثل :

أ) وسيلة اتصال مباشرة وسريعة إلي مكان يتواجد فيه العاملين طوال اليوم وهو ما يعتبر من الأمور الجوهرية لأنها الملاذ إذا ما حدث توقف للمصعد بين الطوابق في حالة انقطاع التيار، ومن ثم لا بد وأن تكون وسيلة دائمة التواجد ولا يجوز تشغيل المصعد بدونها

ب) كابلات كهربية وأخرى للتليفونات Cables تسير مع العربة علي طول المشوار كي يتم التوصيل الكهربي بين العربة وحجرة التحكم بأعلى المصعد حتي يستطيع الركب في الظروف الطارئة من التعامل بسهولة مع الظروف الخاصة والمفاجئة ويكون متاحا لديهم وسيلة التغذية المناسبة لتحريك الصاعدة إذا لزم الأمر.

رابعا : وسائل الربط بين الصاعدة والماكينة Coupling

يمكن تصنيف هذه الوسائل إلي فرعين هما:

الفرع الأول : الوسائل الميكانيكية Mechanical

تحتوي هذه الوسائل علي البكرات والكمر والأسلاك وأعمدة دليل الحركة والكراسي والجلب ومحاور الحركة التي تخص ميكانيكية الحركة ونقلها من الحركة الدائرية لعمود الحركة بالماكينة (المحرك) إلي الحركة الرأسية داخل البئر وكلها تخضع للمواصفات والاختبارات الفنية وقانون المصاعد بمصر.

الفرع الثاني: الوسائل الكهربائية Electrical

تشمل هذه النوعية علي:

أ) لوحات التوزيع الخاصة بالتيار الكهربي اللازم من الغرفة إلي العربة المتحركة داخل البئر

ب) لذلك يوجد خط نقل بالكابلات الكهربائية يسير مع أدنى وأقصى مشوار حركة لتغذية العربة الصاعدة بشكل منتظم

ج) بناء علي هذا نحتاج إلي صندوق أطراف لاستقبال هذه الكابلات عند الطرف المتحرك والواقع علي العربة من الخارج

د) ربط الاتصالات بين العربة والمبني وغرفة الماكينات ويتم ذلك بكابل نقل وسيلة الاتصالات من خلال الهاتف وطرفي التوصيل علي صندوقي التوصيل في كل من غرفة المحركات والعربة مثل التيار الكهربي

هـ) وسيلة الأمان والتأمين حيث يلزم وضع أقفال لكل الأبواب وأطراف تشغيل لدوائر الاستغاثة والاستدعاء بكل ما تحتاجه من توصيلات وكذلك مصابيح الإنارة والإشارة اللازمة لها.

خامسا : المواصفات الفنية

Technical Specification

تحتوي المواصفات الهندسية للمصاعد علي عددا من البيانات الفنية الأساسية والتي لا بد وأن تحدد علي الأقل عند تركيب المصعد وهو ما يجب تدوينه علي النحو التالي:

1- أسم المصنع

حيث يتحدد المصنع لكل جزء من الأجزاء الخاصة بالمصعد ومكانه وتاريخ التصنيع ولا يجوز التغاضي عن هذه البيانات كي لا تدخل عناصر متباينة قد تكون متوافقة في البداية ولكنها قد تصبح غير متوافقة مع أداء معين.

2- نوعية المحركات

المحرك الكهربي الخاص بحركة المصعد هو الذي غالبا ما يكون من النوع التأثيري ذو القفص السنجابي وكذلك نوع الكراسي ومحاور الحركة والجلب ومقننات القدرة والسرعة العادية والمنخفضة ومعدل عدد مرات القيام في الساعة والذي غالبا يقرب من 180 مرة بدء حركة لكل ساعة علي أساس التشغيل المستمر بالنسبة لمصعد الركاب.

3- نوعية الفرملة المستخدمة

4- حدود التيار الكهربي

التيار الكهربي المقنن لتشغيل المحرك ومقنن تجاوز التيار بالاضافة إلي تيار البدء لحركة المحرك عند الحمل الكامل واللاحمل وجهد شبكة التغذية والذي عادة يكون 380 / 220 ف ، 50 هيرتز ، 3 طور + نقطة تعادل + نقطة أرضي

5- درجة الحرارة القصوى للمحرك أثناء التشغيل

6- بيانات أبعاد الصاعدة

المواصفات القياسية الأساسية من الناحية الهندسية وأبعاد الصاعدة وهي التي تتحدد في نقاط أساسية:

أ) يجب أن تكون الصاعدة مصنعة من الصلب المجلد

ب) سمك جدران بحيث لا يقل عن 1.5 مم صلب لا يصدأ

ج) ويفضل أن تكون الأبواب من ضلفتين بكل منهما نظارة زجاجية

د) ارتفاع × عرض × طول

هـ) أنماط القوائم والعارضات الصلب

7- خصائص سرعة الصاعدة

يلزم تحديد بيانات وخواص سرعة الصاعدة المستمرة مع الحمولة والطاقة المستهلكة في المشوار مع الحمل صعودا وهبوطا

8- بيانات أبواب الطوابق وأعتابها ووسائل البيان لها

9- نوعية مانعات التصادم والاهتزاز للصاعدة

10- مقنن ثقل وزن الموازنة

11- لوحات التوزيع

لوحات التوزيع متنوعة ومنها لوحة تشغيل المصعد وصندوق التوصيل أعلي الصاعدة.

12- وسائل الوقاية

من أهم وسائل الوقاية تلك الخاصة بالمحركات والدوائر الكهربية ومن أهمها:

أ) ضد زيادة الحمل

ب) ضد زيادة السرعة

ج) ضد عكس الأوجه

د) ضد هبوط الجهد

هـ) مقننات قاطع نهاية المشوار

و) ضبط توقيت التوقف عند كل طابق

البند الرابع: الأنواع Types

نستطيع وضع الأنواع المختلفة للمصاعد علي ثلاث محاور:

أولا: مصعد ركاب Person Lift

تحسب فيها أوزان الأفراد وتتحدد بعدد الركاب فيه وتتنوع إلي:

1- مصاعد بطيئة Heavy Lifts

عادة تتحدد فيها الأوزان بين 500 و 1000 كجم وهو ما يعني ما يعادل تقريبا من 4 إلي 10 أفراد ويتوزع فيها معدل التحميل بشكل مبسط وتتراوح السرعة له في حدود 0.7 – 1.4 م/ث

2- مصاعد سريعة Light Lifts

تسمح فيها لرفع أوزان أكبر والتي قد تنحصر بين 1 و 1.6 طن وهو ما يعادل من 10 إلي 16 فردا وتزداد فيها السرعة إلي 2- 4 م/ث

ثانيا: مصعد بضائع Goods

هي مخصصة للأحمال الكبيرة وكذلك المساحة الكبيرة حيث نحتاج إلي أماكن وفراغ كبير سواء في الأبواب أو المداخل أو داخل الكابينة ذاتها وتأخذ أشكالا منها:

1- مصاعد صغيرة Small Lifts

أحمالها صغيرة بين 100 و 160 كجم فقط وهي للأعمال البسيطة والسريعة وسرعة مثل هذه المصاعد 0.5 م/ث تقريبا

2- مصاعد خاصة Special Lifts

تخصص لأغراض محددة وتتعدد فيها الصفات والأنواع السابقة مما يستدعي لها نظاما خاصا مثل المستشفيات وغيرها.

3- مصاعد كبيرة Large Scale Lifts

المصاعد في هذه النوعية تسير بسرعة بطيئة في حدود 0.25 – 0.5 م / ث وتستطيع رفع أحمال كبيرة تتراوح بين 900 و 5000 كجم

4- مصعد متتالي Cascaded Lift

تكون الحاجة ماسة إلي هذه النوعية في العمارات الشاهقة مثل ناطحات السحاب وذلك نظرا لتعذر قيام المصعد الواحد بمشوار طويل المدى ولذلك يتم تقسيم المشوار الكلي إلي عدة أجزاء ويوضع علي كل من هذه الأجزاء مصعد بأن يتم مثلا المصعد الأول للأدوار من 1 إلي 15 والذي يليه من 15 إلي 30 وهكذا.

ثالثا: التركيب Installation

تعتبر عملية التركيب هنا العمل الهندسي الجوهري والأساسي لضمان التشغيل السليم مستقبلا ولذلك تؤخذ هذه النقطة بعين الاعتبار وتدخل من نطاق منهجين هما:

المنهج الأول: التنفيذ الهندسي Engineering Application

يشمل العمل الهندسي العديد من المبادئ كما يلي:

1- متابعة التركيب تبعا للأصول الفنية Installation Revision

2- التفتيش الجيد Inspection علي الدوائر الإلكترونية

3- حداثة الصنع New Parts لمكونات دوائر التحكم والدوائر الإلكترونية علي وجه العموم

4- نموذج المشعلات الدقيقة (Microprocessors) علي احدث النظم وبسرعة وجودة عالية
5- ترقيم الأطراف Terminal Numbers والمطابقة مع اللوحات والرسومات الهندسية وإصدار رسم تنفيذي مطابق للواقع
6- تواجد بارات Bars في لوحات التوزيع تبعا للمواصفات
7- مراجعة الدوائر الإلكترونية Electronic Circuits

المنهج الثاني: قانون المصاعد Law in Egypt

المنهج القانوني ويشمل تنفيذ كل ما جاء بالقانون دون تهاون كما يلي :
1 -عدم مخالفة نصوص القانون
2- مطابقة التركيب والتنفيذ طبقا للقانون
3- عدم التراخي في الاختبارات المطلوبة قانونا
4- عدم الاستثناء في مخالفة القانون
أما عن تجارب الاستلام فنوجزها في:
1- المعاينة الفنية الدقيقة لكل أجزاء مكونات المصاعد دون استثناء
2- اختبار التذبذب لقضبان دليل الحركة الخاص بالصاعدة
3- قياس سرعة الصاعدة مع الأحمال هبوطا وصعودا
4- التأكد من سلامة الفرملة وتوقف العربة علي الأعتاب بما لا يزيد عن فارق 2 سم تحت أي ظرف
5- اختبار انقطاع التيار المفاجئ أثناء تشغيل المصعد هبوطا وصعودا
6- اختبار البراشوت بحيث ألا يتم مع أحمال آدمية وأثناء الهبوط بحيث ألا يتعدى المشوار بالبراشوت عن 20 سم مع معاينة مكان انقباض البراشوت علي دلائل الحركة للتأكد من سلامة التشغيل وإعادة التشغيل مباشرة بعد الاختبار للتأكد من سلامة التشغيل.
7- اختبار وسائل الاتصالات والأمن والاستدعاء
8- اختبار قواطع التيار برفع المصعد يدويا للتأكد من عمل القواطع في نهايتي المشوار صعودا وهبوطا.
9- اختبار الصوت المزعج لحركة المصعد للتأكد من سلامة التشحيم لكافة الأجزاء الميكانيكية في ميكانيزم الحركة

10- القياسات الكهربية وتطابقها مع المقننات مثل الطاقة والسرعة والقدرة مع تغير الحمل .
11- اختبار سرعة المحركات هبوطا وصعودا مع الحمل ومع الفرملة ويمكن الوصول إلي تجاوز الحمل بقدر 25 % تبعا لمواصفات المصنع.

البند الخامس: الصيانة Maintenance

الصيانة الشاملة وتشمل هذه النوعية كل ما يخص أعمال الصيانة من قطع غيار وهي من أهم الضروريات عند التعاقد مع الشركات المنفذة حماية للمصعد وحرصا علي أرواح الركاب وتشمل العديد من النقاط .
1- وضع كافة الاحتياطات اللازمة عند العمل في بئر المصعد منعا لتشغيل الكابينة من أي فرد وذلك بوضع اللافتات الضرورية لهذا وقطع مصدر التغذية نهائيا ومنع توصيله بمعرفة أي فرد آخر ووضع ملامسات المتممات بعدم التوصيل أثناء العمل
2- التأكد من توافق منسوب كل من أرضية المصعد وأرضية كل طابق
3- غلق الباب وفتحه آليا وتلقائيا وبدون أصوات 4- فحص الباراشوت وملحقاته والتأكد من التزييت.
5- فحص كافة الأسلاك الحاملة والمثبتات الخاصة بها والبكرة الحاملة الرئيسية فوق البئر وتشحيمها وتلك المساعدة إن وجدت مع ضرورة التشحيم المستمر وبصفة دورية.
6-فحص نهايات المشوار الحركي من الطرفين
7- التأكد من النظافة التامة والشاملة لكل المكونات
نتناول هذا الموضوع من خلال خمس محاور هم:

المحور الأول : أنواع الصيانة Types

تشتمل أنواع الصيانة علي نوعين هما:

أولا: الصيانة الدورية Routine Maintenance

هذه النوعية هي المراجعة الفنية والتأكيد علي سلامة المصعد وحماية للعاملين والمستخدمين له وهي تتنوع حسب فترة الصيانة الدورية اللازمة وتنقسم إلي:

1- الصيانة الأسبوعية

تخص غرفة المحركات وتشمل

أ) نظافة الغرفة وكل محتوياتها
ب) فحص الفرامل
ج) فحص مكونات المولد والمحرك
د) فحص أجزاء تشغيل الباراشوت
هـ) فحص البطارية
و) فحص الدوائر الكهربية والمصهر

2- الصيانة الشهرية

تخص البئر وتشمل:
أ) فحص القضبان الحديدية وتشحيمها
ب) فحص كابلات التوصيل
ج) نظافة شاملة
د) فحص علب التوصيل الكهربي
س) فحص الكابينة من الخارج
هـ) اختبار الباراشوت

3- الصيانة كل شهرين

تخص هذه الصيانة الكابينة ذاتها وتخص:
أ) نظافة شاملة
ب) فحص البكرات وحبال الشد وتشحيمها
ج) فحص الأبواب
د) فحص التوصيلات الكهربية وعلب التوصيل

4- الصيانة نصف سنوية

تخص هذه العملية أبواب البئر وتشمل:
أ) نظافة شاملة
ب) فحص الدوائر الكهربية ووصلاتها
ج) فحص الإشارات
د) فحص الأبواب وتشحيم أجزاء الحركة بها
هـ) فحص حركة توقف المصعد مع الأبواب

5- الصيانة السنوية

تختص هذه الصيانة بفحص أجزاء تثبيت العربة والوزن المعادل والتأكد من نهايات مشوار الحركة للعربة

6- الصيانة الطارئة

تختص بأي من الأجزاء ذات العطل المفاجئ غير المتوقع

ثانيا: الصيانة الجسيمة Capital Maintenance

تختص بأعمال الصيانة الكبيرة مثل تغيير العربة أو الثقل أو القضبان الحديدية أو المحركات ووسائل الشد الميكانيكي الخاصة بها.

المحور الثاني: أسباب الأعطال Defect Reasons

تتعدد الأسباب ونضع أهمها ما يأتي:

1- سوء الاستخدام Bad Use

يلزم اتباع وسائل الأمن الصناعي عند أي عطل في تشغيل المصعد ووضع اللافتات التحذيرية (لمنع أي أضرار) والإرشادية (لطريقة وأسس تشغيل المصعد)الخاصة به فورا ولهذا يجب وضع كافة عوامل الأمان اليدوية أو الآلية لعمل المصعد.

يعتبر عدم غلق باب المصعد بشكل جيد من أول الأنواع المتكررة وهو أمر قائم نتيجة الاستعمال المتتالي والمتكرر كما قد يتوك المصعد بدون صيانة دورية وتحدث تراكمات عن عدم النظافة أو نتيجة تواجد عوائق خارجية أو غير ذلك مما يستوجب أهمية بالغة للصيانة الدورية والمراجعة والتفتيش المستمر.

2- طبيعة التغذية الكهربية Power Supply

التشغيل السليم للشبكات الكهربية المغذية للمصعد تعتبر من أول الأسس الهامة للحفاظ عليه ومن مظاهر عيوب الشبكات الكهربية هبوط الجهد إلي حد قد يتسبب في حرق المحرك الكهربي نتيجة ارتفاع التيار اللازم مع هذا الجهد المنخفض لإدارة الكابينة بين الطوابق المختلفة ولهذا يجب الوقاية ضد هذه الأضرار.

3- الأعطال الكهربية للمحركات Electric Faults

هي المعروفة والتي تتبع نوعية المحرك وفي جميع الأحوال نوجز أهمها في البداية بالنسبة لمحركات التيار المتردد في نقاط كما يلي:

النوع الأول: القصر Short Circuit

منه نوعان هما:

أ) قصر مع الأرض **Short Circuit To Earth**

يتمثل هذا القصر سواء كان مباشرا أو عبارة عن تلامس مع الأرض من خلال أحد أطراف الملفات أو أي من أجزائه.

ب)قصر بدون الأرض **Short Circuit Without Earth**

النوع الثاني: فتح أحد الأوجه (الدوائر المفتوحة) Opened Phase

هو ما قد يتسبب في عدم بدء حركة المحرك ويعالج بمراجعة المصدر إذا لزم تغييره أو التأكد من جودة تلامسه مع أطراف الدائرة ويمكن أيضا هنا يظهر الفصل عند حلقات الانزلاق فيلزم إصلاحه.

النوع الثالث: الملفات المعكوسة Opposite Windings

يجب التأكد من هذه الأوضاع واختبارها وتلافي حدوثها

4- الأعطال الميكانيكية Mechanical Faults

تعتبر هذه النوعية من الأعطال هي الأكثر شيوعا بين كل الأعطال الأخري لأنها تتعامل مع المادة والتي تتآكل مع الحركة والاحتكاك أو بالتآكل الزمني من عمر المادة العاملة في هذه الدوائر كهربية أو في الميكانيزم في مكونات الحركة المختلفة ومنها:

1- تآكل الكراسي ورولمان البلي **Bearings**

2- عيوب في ميكانيزم الحركة **Moving Mechanism**

أما بالنسبة لمحركات التيار المستمر فيجب التأكد من ملفات المجال وعدم التلامس مع الأرض أو تواجد أي فصل في الدائرة عند أطرافها والتكد من نوعية توصيل الملفات هذه والتأكد من صحة توصيل أطراف المحرك كأقطاب موجبة وسالبة.

المحور الثالث: التشغيل الآمن Safety Concept

هناك من التعليمات الهامة والجوهرية للتعامل مع تشغيل المصاعد ويفضل أن يخصص أحد العاملين المدربين علي تشغيله ولكن هذا قد يتعثر في كثير من الأحيان ومن ثم نضع أهم الاعتبارات التي تساعد علي أمان العمل بالمصاعد وهي:

1-عدم غلق الأبواب جيدا
2-تجاوز سرعة الحركة هبوطا أو صعودا
3 - ارتخاء وسائل التعليق
4- وصول بكرات الشد للكابلات الحاملة إلي الحدود القصوى أو الدنيا للشوط الحركي (المشوار)
جدير بالذكر أن استخدامات المصاعد في الواقع الصناعية المختلفة يظهر رئيسيا في البعض منها مثل مواقع استخراج البترول (آبار البترول) في بناء الأبراج السكنية أو الصناعية وفي المستشفيات وفي العديد غيرهم مما يجعل هذا الموضوع حيويا وهاما خاصة أنه ليس ضمن المناهج الدراسية بكليات الهندسة أو المعاهد العليا التكنولوجية. علي الجانب الآخر تعد المصاعد الوسيلة الوحيدة الهامة في الأبراج السكنية مثل ناطحات السحاب وغيرها المماثل لها كما أن المصاعد تعتبر وسيلة هامة داخل محطات الكهرباء وخاصة تلك المائية حيث النزول إلي مواقع التوربينات للكشف عليها أو لإجراء أعمال الصيانة أو أثناء أعمال التركيبات الأولية في الإنشاء.

المحور الرابع: اختبار المصاعد Tests

1- التأكد من سلامه تشغيل المحركات **Safety of Operation** وهذا يشمل المحركات وما يخصها من معدات ومساعدات
2- مراجعة الأصول الفنية في إنهاء الأعمال داخل الغرفة العلوية للمصاعد
3- اختبار تشغيل الفرامل **Braking System** تبعا للتعليمات الهندسية وكذلك اختبار الباراشوت واتجاه الحركة في بداية التشغيل وبعد كل صيانة
4 - التأكد من الاتصالات بين الكابينة والخارج سواء الأمن **Security** أو الطوارئ **Emergency**
5-ضرورة تواجد وسائل الإنذار الأساسية **Alarm Signal** في الكابينة وخارجها
6 - اتباع أسس الأمان الهندسي **Engineering Safety** داخل الكابينة وفي الغرفة العلوية
7- اختبار الحمل الكامل **Full Load Test**

2-9: وسائل التحريك Moving Tools

من الضروري التعرض لبعض النقاط الجانبية والتي تهمنا في أن منها الكثير الذي يعتمد علي التغذية الكهربية ومن ثم نكون قادرين علي وضع كافة الاعتبارات التقنية داخل تصميم الشبكات الكهربية الخاصة بالموقع الصناعي. لهذا السبب سوف نستعرض بشكل موجز أهم هذه النوعيات من الأحمال كي توضع في الاعتبار كأحمال كهربية سواء كانت دائمة التحميل أو متقطعة الطابع.

أولا: أساليب النقل Transportation Concepts

من أهم المشكلات التي تواجه عمليات الصناعة الإنتاجية تلتي مسألة ضمان استمرارية العمل وهو ما يعتمد علي خطوات الصناعة والانتاج وتظهر الدقة في العمل عندما تأخذ الشكل الانسيابي في الأداء بمعني الاستمرار دون التوقف أو حتي التأخير في الخطوات المتتابعة. تزداد هذه العملية أهمية عندما تدخل في الخطوات أحد خطوات النقل بين المواقع المختلفة في التتابع الصناعي ومن ثم تتوقف هذه القاعدة علي بعض من الأمور المتوازية نوجزها فقط بشكل عام وسريع في هذا الجزء من الكتيب الحالي.

1- خصائص الشحن والتفريغ Performance

الشحن يعبر عن نقل المواد الخام أو المنتجات من الموقع إلي وسائل النقل أي شحن وسيلة النقل وهذه الخطوة قد تكون مستهلكة للطاقة الكهربية أو لا ولهذا نأخذها في الاعتبار عند التصميم الكهربي للمواقع الصناعية إذا ما إعتمدت علي التغذية الكهربية بأي صورة من الصور أو في أي خطوات من خطوات الشحن ذاته. علي الجانب الآخر يكون التفريغ عبارة عن العملية العكسية للشحن أي نقل البضائع الموجودة في وسائل النقل أو عليها إلي الموقع الآخر سواء علي الأرض أو عليمكان بحري أو غير ذلك من الحالات وفي الحالتين شحن أو تفريغ نتعامل مع العديد من الوسائل والأدوات بأساليب محددة:

أ) آلي Automatic

يعتمد هنا أسلوب الشحن علي وضع المادة المنقولة في وعاء أو علي شريط متحرك أو باستخدام مضخات شفط أو ضغط إلي غي ذلك من

الوسائل الممكنة والمتباينة بشكل كبير وأن تكون هذه الخطوة مميكنة سواء كهربيا أو ميكنيكيا حسب الأحوال. في هذه الحالات تكون هناك أحمالا كهربية قليلة عادة ولكنه من الضروري وضعها في الإعتبار كنوعية أحمال متواجدة علاوة علي طبيعتها من التكرارية والتقطع التكراري أو غير ذلك.

ب) بدوى Manual

هنا تكون الأحمال الكهربية أقل ما يمكن متضمنة دوائر التحكم الفعالة لتواجد العمل اليدوي ذاته لأنه لا بد من الاعتماد علي دوائر التحكم العامة من التشغيل اليدوي وان كانت قيمة الأحمال مهملة في هذه الحالة نسبة إلي بقية الأحمال الصناعية والخدمية.

من الناحية الأخري نجد أن هذه الأحمال تتباين في أطارين:

أ) أحمال منتظمة Continuous Loads

أن الأحمال منتظمة القيمة والتوقيت مستمر معها وهي عماية صناعية مستديمة وليست وقتية أو طارئة.

ب) أحمال منقطعة Interrupted Loads

أن الأحمال غير منتظمة القيمة والتوقيت غير مستمر وهي عماية صناعية وقتية كل دورة انتاج صناعية.

كذلك نستطيع أن نتعامل مع هذه الأحمال من خلال نوعين من الأحمال الكهربية مثل:

1- أحمال دائمة Steady Loads

أي أن الأحمال مستديمة ولا تتراجع وشكلها منتظم زمنيا ولا تختفي علي وجه العموم

2- أحمال موسمية Season Loads

هذه النوعية من الأحمال قد تكون ذات علاقة بالمنتجات الزراعية التي تتأثر بموسم زراعي أو بنوعية انتاجية محددة في زمن محدد بالسنة أى بموسم معين، كما أن هذه الأحمال الموسمية قد تأخذ شكلا مستديما إذا ما كانت هناك أحمالا موسمية متتابعة مع كل المواسم وبالرغم من إختلافها كل عن الآخر إلا أنها كهربيا تنتقل من هنا إلي النوعية الدائمة مع ما قد

يظهر من إختلاف في شكل منحنيات الأحمال التي تؤخذ في الاعتبار عند التصميم الكهربي للموقع ككل.

يتضمن هذا البند (شحن وتفريغ) عموما علي عدة محاور أساسية نذكر أهمها:

المحور الأول: الرفع Lifting

هنا نهتم بعملية رفع المنتج من الموقع الموجود به إلي أعلي الناقل سواء كانت حافلة أو غير ذلك وهذه العملية (رفع) قد تأخذ أشكالا متعددة مثل:

أ) الرفع الميكانيكي Mechanical

تتم عملية الرفع بالشكل الميكانيكي بالعديد من هذه الصور مثل أسلوب السيور وأسلوب التروس وغيرها.

ب) الرفع الكهربي Electrical

الحمل الكهربي هنا يتمثل في الرفع سواء باستخدام آلات كهربية أو أوناش كهربية أو مصاعد كهربية خاصة أو أدوات ووسائل كهربية أخري.

ج) الأوناش Lifts (Wenches)

تتبع الأوناش كلا من الأحمال الكهربية والميكانيكية نسبة إلي طبيعة الأوناش المستخدمة بينما تظهر الأوناش الروبوتية للأحمال الصغيرة من أدق الأوناش في العمليات الصناعية الدقيقة والتي تظهر أهميتها في العمليات الطبية الخطرة أيضا.

المحور الثاني: الجر Pulling

نحتاج كثيرا في المواقع الصناعية إلي أسلوب الجر كوسيلة تقنية للحفاظ علي المعدات والمهمات المختلفة تبعا لنوعية المعدة ولمكان استخدامها ومن ثم نجدها في أشكال متغايرة من أهمها:

أ) جرارات ميكانيكية Mechanical

هذه النوعية هي من أشهر الجرارات في المجال الهندسي وأقدمها فهي المستخدمة في المتاحة والتي تكون سهلة التنقل بين المواقع حتي تلك البعيدة عن بعضها وإن اختلفت المدن أو بعدت المسافات وهي مستخدمة ومنتشرة علي نطاق واسع وفي العديد من مواقع الصناعات الصغيرة والمتوسطة والضخمة.

ب) أوناش كهربي Electrical

هذه النوعية تظهر داخل العنابر في المصانع وفي مواقع التخزين الكبيرة وهي محدودة بأنها تعتمد علي التغذية الكهربية بخلاف غيرها من الوسائل الميكانيكية التي لا تعتمد علي موقع معين بل يمكن نقل الوسيلة ذاتها من موقعها بسهولة.

ج) قاطرات بريه وبحرية وسكك حديدية Rail way systems

هذه هي أقدمها فهي وسائل الجر المستخدمة في قاطرات السكك الحديدية والمترو الأنفاق وفي المناجم والمحاجر وفي العديد من مواقع الصناعات الضخمة والهائلة.

المحور الثالث: الملىء والتفريغ Charging and Discharging

عند التعامل مع الحالة السائلة أو الغازية للمنتج أو المادة الخام تدخل نوعية أخري من الأدوات والوسائل لتحل محل المعنية بالمادة الصلبة ومن ثم يعتمد نقل السوائل والغازات علي سبل مغايرة - إلي حد ما وإن كان بسيطا عن السابقة - ونحددها شموليا كما يلي:

أ) آلى Automatic

هذا الأسلوب هام حيث الحاجة إلي مضخات ضخ وفاكيوم (شفط) مثل حالات نقل الحبوب والدقيق والأسمنت وغيرها من المنتجات الدقيقية.

ب) يدوي Manual

تتم العمليات اليدوية عند الكثير من العمليات التي عادة ما تكون محدودة مثل التعامل مع الأسماك في المواقع البحرية الصغيرة وليست المزارع الضخمة.

المحور الرابع: التعبئة بالضغط Compressing

نظرا لأن الغازات تشغل حيزا فراغيا كبيرا فنحتاج دائما معها عند النقل أو التدوال بتحويلها من الحالة العادية إي الحالة السائلة أو المضغوطة من أجل تقليل الحيز المطلوب وهذه تقنية معروفة ومستخدمة منذ قديم الزمان. كما أننا نتعامل معها بصفة يومية مثل أنابيب الأوكسجين والأستلين والبوتاجاز وغاز النيتروجين والغاز الطبيعي وغيره وهو ما يتم أيضا في حالات التخزين.

ثانيا: وسائل تحريك البضائع Product Moving

تحريك البضائع أو المنتجات أو المواد الخام في المواقع الصناعية يحتاج إلي تغذية كهربية بشكل عام ويستهلك ذلك من الطاقة القليل الذي يمكن إهماله مثل الورش الصغيرة المحدودة للصناعة الإلكترونية وحتي القدرات العالية تبعا لنوعية الصناعة مثل الحديد والصلب. ولهذا نستعرض هذه النقاط الآن.

أ) استخدام الروبوت Robotic systems

نظرا لدقة العمل المطلوبة في بعض الصناعات نجد أن الروبوت من أهم الوسائل في هذه الصناعات مثل صناعة الأدوية وكذلك في المواقع الهامة مثل مخازن المواد المشعة وفي حالات كثيرة عند الحاجة إلي الدقة والنظام مثل المكتبات والأرشيف وأيضا في الأماكن الخطرة مثل المحطات النووية.

ب) الأوناش Lifts

تتباين أنواعها تبعا لمقننات القدرة وقوة التحميل ولطرق التغذية والتشغيل وكذلك ما قد تتواجد مثل منصات التحميل، ولها من المواصفات القياسية المحددة وتشمل العديد من التنوعات من رافعات إلي معدات جمع إلي أوناش ذات مداد توصيل ثم الأوناش البرجية كما نري أحد هذه الأوناش في منظر عام بالشكل رقم 9-3

ج) الجرارات Pulling masters

تتنوع أيضا فمنها عربات رفع أو جر وعادة ما يستخدم ثقل التوازن معها كما أنه تتواجد برامج الحزم الحاسوبية لتشغيل أي من المعدات العاملة في هذا النطاق ككل.

د) الجاذبية الأرضية Gravity

يمكن الاعتماد علي الجاذبية الأرضية في تلك الحالات التي تسمح بهذا وهو ما قد يقلل من التكلفة الكلية فيمكننا نقل المادة من الإرتفاع الأعلي إلي ذلك المنخفض مثل ما كان يحدث في النقل النهري بمصر قديما.

هـ) السيور

ثالثا: وسائل نقل البضائع Product Transportation

نتعامل مع أنواعا متعددة من الوسائل ومنها الكهربي ومنها غير الكهربي ومنها أيضا ما هو كهربي في بعض البلدان وغير كهربي في غيرها مثل السكك الحديدية وهذه الوسائل يمكن اختصارها علي النحو:

1- الحاويات Containers

2- السفن Ships

3- الحافلات Cars

هذه النوعية متباينة بشكل واسع فقد تعمل في الانتاج أو التوزيع أو في عمليات التصنيع حسب الأحوال فقد تتعامل الحافلات مثل المجمدات أو الثلاجات أو غير ذلك مثل نقل المهملات.


الشكل رقم 9-3

4 - قطارات السكك الحديدية Trains

تظهر هذه القطارات كقاطرات تجر العربات وهي إما أن تنقل المواد الخام أو الوقود وإما أن تنقل المنتج وهنا النقل يكون لحمولات كبيرة ويكون في هذه الحالة النقل خاص بخطوط سكك حديدة مستقلة خاصة بهذا العمل دون غيرة.

من الناحية الأخري نجد أن القطارات ممنوعة من الاستخدام في أماكن صناعية معينة ومن أهمها المناجم حيث ان استخدام الوقود للقاطرات يؤدي إلي ظهور غازات ضارة ولا يجب أن تزهر نهائيا. عندئذ يكون الاستخدام قاصرا علي عربات السكك الحديدية فقط، أما عن القاطرة فيجب

استبدلها بقاطرة كهربية أو بونش جر كهربي وفي كثير من الأحيان يتم الجر بطريقة يدوية تقليدية بحتة.

5- ناقلات بحرية Oil Ships

6- طائرات نقل جوية Planes

9- 3: مراكز المتابعة Inspection Centers

من أهم المؤثرات التي تصعد بالناتج الصناعي تلقي وسائل المتابعة المستمرة والدقيقة والجادة علي المنتج وهذه الوسائل تأخذ أشكالا متغايرة من مكان إلي آخر ونستعرض الأسس الجوهرية لهذا الأداء في هذا الجزء.

أولا: مراكز الصيانة Maintenance Centers

نتعامل مع أعمال الصيانة بعدد من الطرق الأساسية لتغطية كفة الأعطال المحتملة بل ومنعها من الحدوث أي العلاج المسبق والوقاية من الخطأ، ومن الممكن اختصار أهم هذه الأعمال في نقاط محددة.

1- الصيانة المركزية Central

نلجأ دائما لهذا الأسلوب المركزي في عدد من الحالات منها الآتية:

1- الثمن الباهظ لمعدات الصيانة

2- الخبرة النادرة في التخصص

3- الأهمية القصوى للمعدات تحت الصيانة

2- التغذية الكهربية Electric Supply

يتم التصميم لهذه المواقع الصناعية بحيث أن لا يقل معامل الإحتياط في القدرة الكهربية عن 1.2 حتي يتمكن الموقع من مجابهة أي تطور مفاجيء غير محسوب وقد ترتفع هذه القيمة للصناعات الهامة والخطرة.

3- الوقاية الآلية Automatic Protection

من الضروري أن تتوافر دوائر الوقاية الآلية مع ضمان إستمرارية عملها سواء كان مصدر التغذية الرئيسي عاملا أم معطلا، وهو ما يفيد بالالتزام نحو تخصيص مصدر تغذية مستقل لدوائر الوقاية العاملة علي الأجهزة والمهمات والمعدات المتواجدة في الميدان الصناعي بشكل عام.

4- حزم البرامج المتخصصة Software

تحولت جميع الأعمال وخصوصا الهندسية منها إلي التنفيذ من خلال برامج حاسوبية وقد انتشرت الحزم البرمجية بشكل كبير وقد تخصصت كل منها في أداء نوعية محددة من الأعمال فمثلا هناك الحزم المحددة للأعمال المالية وغيرها للمراجعات وأخري للتخصصات الهندسية المختلفة فهناك ما يختص بدوائر الإضاءة العامة بالموقع وكذلك لأعمال الوقاية وأخري للمتابعة والتنفيذ والتفتيش وغير ذلك من الأعمال.

ثانيا: التفتيش الهندسي Inspection

تعتبر أعمال التفتيش الهندسي من أهم المراحل التي ترفع من جودة المنتج وكفاءة الأداء فمن خلال هذا العمل يمكن إيقاف أي من الخطوات التي بها خطأ أو نسبة من الخطأ لا يجوز الوصول إليها أو تجاوزها، وفي نفس الوقت يمكن تحسين جودة المنتج ألا يؤل دون إهدار المال (في المنتج الفاسد) أو إهدار الوقت (في العمل في منتجات تالفة لن تخرج من المصنع إلي الأسواق بعد تشغيلها) ومن ثم نجد أن هذا العمل يعبر عن مستوى الصناعة وهو ما يرتد في صورة الأرباح. من هذه الأعمال عددا أساسيا قد نترك لها السطور المتبقية في هذا الفصل.

1-الفحص الظاهري Vision Inspection

أبسط الأعمال التفتيشية يأتي الفحص الظاهري لأنه يكون معبرا عن ما بداخل المنتج والفحص الظاهري عبارة عن النظر إلي شكل المنتج الموجود للفحص ولكن النظر بعين هندسية أي فنية ولا بد أن يكون الشكل الخارجي مطابقا للمواصفات أولا ثم لا بد وأن يكون سليما تماما من الناحية الهندسية (بدون تلفيات خارجية). كما تتنوع هذه الاختبارات الخاصة بالفحص الظاهري علي عدد من النوعيات:

أ) فحص أول First

يمثل هذا الفحص الفحص في المصنع قبل خروج المنتج وقد يتم علي مراحل تبعا لنظام الإنتاج وكيفية المراجعة والمتصلة بجودة الإنتاج وهو أول فحص يتم علي المنتج.

ب) فحص دوري Routine

الفحص الدوري يعني أنه لا بد من الفحص بصفة دورية أي كل فترة زمنية قد تقصر أو تطول تبعا لنوعية وأصناف المنتج وهذا الفحص قد يتم علي

المنتج أو علي معدات الانتاج أو حتي أجهزة القياس والمتابعة المتواحدة علي الساحة ككل.

ج) فحص طاريء **Emergency**

يحدث أحيانا أن يتلف منتج بعينة أو المنتجات في وقت محدد فقط دون غيره وهو ما يثير الدهشة ولكنه لأول وهلة يمكن تحديد العيب بصورة مباشرة وسريعة من خلال الفحص الظاهري الطارئ، وقد ينتج عن الفحص الطارئ تحديد المشكلة ومن ثم يكون الحل سريعا. لا بد أن يتم الفحص دائما بالمتخصصين الهندسيين لأنها هي العين الفاحصة المطلوبة.

2- الإختبارات Tests

من أهم الأعمال الهندسية سواء في الصناعة أم لا يأتي بند الإختبار وذلك نتيجة انه يجب أن نتأكد بصفة مستمرة من سلامة المنتج وسلامة أدوات الإنتاج وهي خطوة تالية ومعبرة بعد الفحص الظاهري لأن الفحص الظاهري لا يختبر ما هو بالداخل (غير الظاهري) ومن ثم يكون هذا الإختبار أساسا للتأكد من أن المنتج سليم وغير معيب وأنه مطابق للمواصفات. وحيث أن الفحص يسبق الاختبار يكون هذا الإختبار مصنفا علي النحو التالي:

أ) مصنعية (أولية) **Factory Tests**

اختبارات قياسية محددة وتصدر بها شهادة موقعة ومعتمدة من المصنع قبل تسويق المنتج بصرف النظر عن نوعية أو حجم أو أهمية المنتج، ولذلك يتم هذا الاختبار في المصنع وقبل خروج المنتج إلي الأسواق وبالتالي يحدد جودة المنتج ومدي مطابقته للمواصفات القياسية الدولية.

ب) دورية **Routine**

الاختبارات الدورية عادة تتم علي المنتجات طويلة العمر بحيث تعطي الفرصة بأن تتحدد لها دورة زمنية طبقا لنوعية وطبيعة المنتج، كما أنه من الممكن أن يتم الاختبار داخل المصنع وأثناء الدورة التشغيلية بصفة دورية علي منتج معين بشكل دوري في كل خطوة أو مرحلة من مراحل الانتاج أو في مرحلة بذاتها وبصفة دورية أيضا، وهنا تكون الفترة الزمنية للاختبارات غير موقوتة بل تبعا لنوعية المرحلة أو لنوعية الخطوة داخل المرحلة الصناعية بعينها.

ج) إختبارات جودة المنتج Quality Tests

للتأكيد علي جودة المنتج نحتاج إلي عدد من الاختبارات التي تحدد ذلك وهي:

الأول: عند كل خطوة

الثاني: المنتج النهائي

الثالث: بعد التخزين

كما أنه يلزم التنويه عن أن يتم أسلوب أخذ العينات تبعا للإحصائيات القياسية لأنه لا يجوز أن نختبر كل المنتجات بصفة دورية أو أثناء التخزين ومن ثم يمكننا الحصول علي عينات عشوائية بنسبة مقررة للتأكد من سلامة المنتج وعدم تلفه.

3- الصيانة الموقعية Site Maintenance

جميع المنشآت والمواقع الصناعية تخضع لنظام هندسي محدد يلزمها بأداء الصيانة الموقعية وهي ما قد تتنوع كما يلي:

أ) صيانة دورية Routine

الصيانة الدورية تقوم علي التأكد من السلامة العامة للمنشأ وللمعدات والأجهزة تبعا لتخطيط معين ويمكن الاستعانة بالحزم البرمجية المخصصة لهذا العمل، وتعتبر الصيانة الدورية من أسباب نجاح العمل الصناعي ومنتجة بشكل فعال إذ أنها توفر من المال ما لا نراه أو نلمسه لأنها منعت العيوب من الحدوث.

ب) صيانة طارئة Emergency

في حالات العيوب والخطأ والأوضاع غير المتوقعة نحتاج إلي أعمال الإصلاح العاجل والذي يجب أن يتم بشكل فوري ولا بد أن يكون الموقع لديه من الكفاءات البشرية والمعدات والأدوات ومصادر التغذية للقدرة التي تستطيع مجابهة مثل هذه الأزمات وأن تقضي علي مراكز العيوب بسرعة فائقة.

ج) صيانة جسيمة Capital

هذه الصيانة تشمل الصيانة الشاملة لمعدة ما وبذلك يقوم فريق العمل بتغيير الكثير من المكونات بها وتجديد أشياء أخري بحيث تصبح المعدة

جديدة تماما. هذه الصيانة قد تتم مرة أو أثنين في طول عمر المعدة وتحتاج إليي متخصصين وقطع غيار ومكان به كافة الامكانيات اللازمة (ورشة).

4- المعامل المتنوعة Laboratory Types

تتنوع المعامل تبعا لنوعية الصناعة ويمكننا تحديدها أسما:

أ) معامل حرارية مثل انتقال حراري وعزل حراري

ب) معامل كهربية للعزل الكهربي وقياسات المقاومة والمعاملات الكهربية المختلفة

ج) معامل كيميائية لتحديد المواصفات الكيميائية المطلوبة لكل صناعة

5- مراكز المعلومات Information Centers

انتشرت مراكز المعلومات في كافة التخصصات وعي نطاق واسع في كافة الدول والجهات المختلفة وقد أصبحت من أهم الأدوات المساعدة لرفع كفاءة الأداء وزيادة جودة المنتج ومتابعة ودراسة الأسواق والتسويق ذات العلاقة، ومنها نذكر:

أ) مراكز الارصاد الجوية

ب) مراكز نقل المعلومات وتحليلها

ج) مراكز دعم القرار

من الجهة الأخري نجد أن مراكز المعلومات أصبحت من أهم التقنيات في القرن الحادي والعشرين خصوصا وأن تكنولوجيا المعلومات تطورت تطورا هائلا مما جعل عمليات تحليل البيانات أو حتي تحليل البيانات العشوائي سواء علي بيانات محددة أو علي بيانات شبكة الاتصالات الدولية يقدم الكثير من التوصيات والنتائج الهامة التي تعين العلماء والمتخصصين في أداء دورهم علي الشكل الأمثل.

References المراجع

1- أحمد حسن مجاهد وآخرون: تصميم شبكات توزيع الكهرباء فى المدن الكبيرة – تقرير – كلية الهندسة – بور سعيد – مصر - 2004

2- إسلام السيد وآخرون: محطات التجميد – تقرير – كلية الهندسة – بور سعيد – مصر – يناير 2003

3- آسر علي زكي وحسن الكمشوشي: هندسة الإضاءة – الأسكندرية – مصر .

4- أرميا نجيب وآخر : مراحل إنشاء موقع علي الإنترنت عن تصميم الرسم الفردي – تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2003

5- التعريفة الكهربية – تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2000

6- التميمي محمد وآخرون: الدوائر التليفزيونية المغلقة – تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2001

7- السيد عبد المطلب يوسف ومحمود أبوالسعود عبد الحكيم: نظام إدارة المباني (Building Management System "BMS") - تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2004

8- أنطوان ألفي وآخرون : تصميم شبكات التوزيع في المدن الصغيرة – تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2004

9- حميدة بخيت فواز وآخرون: الأخطاء الهندسية - تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2004

10-رانيا عبد الرؤوف وآخرون: الليزر وتطبيقاته – تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2001

11- رشا محمود فرج وآخرون: هنـــدسة التشغـــيل "إعـــادة التصنيع" - تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2004

12- شيماء احمد عبده وآخرون: المفاقيد الهندسية - تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2004

13- عبد المنعم موسي: السلامة الكهربية في المصانع – الكهرباء العربية – الطبعة الأولي 1997.

14-عصام فوزى عمران و محمد حسن عبد العال: دراسة لإستهلاك الطاقة بالسويس - تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2004

15- كاميليا يوسف محمد: الإضاءة وتوفير الطاقة – مصر
16- مجلة المهندسون - العدد 49 ، 54- القاهرة .
17- محمد حامد: التركيبات الكهربية – الهيئة العامة للأبنية التعليمية – 1998 – القاهرة .
18- محمد عبد الرحمن مصطفي و علي أحمد محمد علي يوسف: التخطيط من وجهة النظر الهندسية : التخطيط العمراني - تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2004
19- محمد محمد حامد: الشبكات الكهربية – الهيئة العامة للأبنية التعليمية – القاهرة – 1999.
20- محمد محمد حامد: أداء الشبكات الكهربية في المدارس الفنية - الهيئة العامة للأبنية التعليمية - القاهرة – 4 200.
21- محمد محمد حامد: الأحمال الكهربائية – القاهرة - 2000.
22- محمد محمد حامد: الوقاية في الشبكات الكهربائية – القاهرة - 2000.
23- محمد محمد حامد: أداء الشبكات الكهربية في المدارس الفنية - الهيئة العامة للأبنية التعليمية - القاهرة – 4 200 .
23- محمد مختار عيسي وآخرون: القواعد الأساسية للأمن الصناعي في مجال الكهرباء بالشبكة الكهربية الموحدة المصرية – وزارو الكهرباء – هيئة كهرباء مصر – مصر.
24- محمود العباسي وآخرون: إضاءة الإستاد – تقرير – كلية الهندسة – بورسعيد – مصر 2002
25- محمود عبد القادر: شركة مصر للتجميد والاستثمار – بور سعيد – مصر
26- مصطفي السيد : رحلة المبردات – البداية والنهاية – مجلة المهندسون – العدد 62 – الكويت – 1998 (33-38)
27- هندسة التبريد والتكييف (المعاهد العليا) – القاهرة – مصر.
28- وجيه جرجس: دوائر التحكم الآلي – القاهرة - 1992
29 - مجلة الكهرباء العربية أعداد رقم79 , 74 , 71 , 70

30- التقرير السنوى – الشركة العامة للكهرباء – الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الإشتراكية العظمي - 2004
31-V.K.MEHTA: Principles of power system : S. C. Handy Company LTD , RAM NAGER, New Delhi , 1993 , Chapter 2
32- Michael Neidle : Emergency & Security Lighting – 1988.
33- V. Privezentsev et al: Fundamentals of Cable Engineering. Mir, 1973.
34- Recommended Practice for DMX 512, Professional Light & Sound Association (PLASA).
35- K B Reina, K C singal and Y K Aland (1998): Electrical power transmission and distribution, 2nd Ed, Dhanpat Rai And sons, Delhi, India.
36- N. V. Suryaga Rayana: Utilization of Electric Power Lighting Technology – A Guide for The Entertainment Industry – Brainfitt & Doe Thornley
37- Marc Schiler: Simplified Design – Building Lighting – 1992.
38- Siemens Lighting Catalogue - 1994.
39- TATA MC GRAW: Electric Power Distribution System – Hill Publishing Company Limited : NEW DELHY : chapter 3
40- G. G. Tiranovsky: Mechanisms of Cable Works in Energy Projects, vol. 437, Energia, Moscow 1976.
41- Vacuum Circuit Breakers, Manual, ASEA Brown Boveri, Germany.
42- www. power.com.eg
43- www.alaraby.com.eg

44- www.b-tech.com.eg
45- www.carrier.com
46- www.eclipse.modicon.com
47- WWW. ELMACO-EGYPT.COM
48- http://www.englib.cornell.edu/erg/
49- www.graybar.com
50- www.iesd.dmu.ac.uk
51- www.sea.siemens.com , SiemensTechnical Education Program, STEP 2000 series.
52- www.tpub.com ,
53- www.westernpropertyadvisors.com
54-WWW.ROBOT-MCh.NET
55- Tamer Ghoneem et al: Electricity of Marin Units- Report – Faculty of Engineering – Port Said – Egypt 2002.
56- AEI Cables Limited : Cables with Reduced Smoke, Toxicity and Fire Protection, 1984, Paris, France.
57- Cayless & Marsdan : Lamps & Lighting
58- M DOUGHTON : Electrical Installations – Advanced Course, Clarendon Press, Oxford, Chapters 2 , 3 , 4 .
59- EGS Electrical Group ECM France, Handbook.
60- Glamox Lighting Catalogue – 1994
61- Farag Abdou Mohamed et al: The reliability in life's fields - Report – Faculty of Engineering – Port Said – Egypt 2004.
62- EL MACO CATALOGUE, Egypt.
63- EL SEWEDY (ELECTRICAL SUPPLIES CO.) Egypt.

64- V. Manoilov: Electricity and Human, Mir, Moscow, 1975.
65- V. Manoilov: Fundamentals of Electric Safety Mir, Moscow, 1975.
66. J. Arrillaga C. P. Arnold & B. J Haraker: Computers Modelling of Electrical Power Systems . Wiley Inter science Publication , John Wiley & Sons, NY,1984 .
67. C. A. Gross: Power System Analysis. John Wiley & Sons, NY, Wiley International Edition ,1979 .
68- Alan Puph: Robot Vision, Editor / Professor
69- David Cook: Robot Building for Beginners, Editor
70- John J. Craig: Robot (ICS), Editor
71- JOSEPH F. MCPARTLAND : Electrical Systems Design , NEW YORK ,1956 , Chapters 1, 2 .
72- Mohtaz Haggag: Protection in Aeroplane Engine - Report – Faculty of Engineering – Port Said – Egypt 2000.
73- http://www.edilmacgru.it/contatti.php.htm
74- http://www.trains.com/trc/
75- http://www.tower55products.com/
76- http://www.trucks.com/trucks_inventory_restricted.asp
77- WEG TECHNICAL CATALOGUE, (2002).